वि. ग्लुश्कोव

चालिकी क्या है?

ललित विज्ञान साहित्य

चालिकी क्या है?

В.М. Глушков

Что такое кибернетика?

Педагогика Москва

वि. ग्लुश्कोव

चालिकी क्या है?

"मीर" प्रकाशन मास्को

पीपुल्स पब्लिशिंग हाउस (प्रा.) लिमिटेड
५ ई, रानी झांसी रोड, नई दिल्ली-११००५५

राजस्थान पीपुल्स पब्लिशिंग हाउस (प्रा) लि.
चमेलीवाला मार्केट, एम. आई. रोड, जयपुर-३०२००१

अनुवादक: देवेंद्र प्र. वर्मा

WHAT IS CYBERNATICS

V. GLUSHKOV

На языке хинди

सोवियत संघ में मुद्रित

विषय सूची

चालिकी क्या है ?

20वीं शती के उत्तरार्ध में आदमी के सामने एक जटिल समस्या उत्पन्न हुई—अपनी बौद्धिक शक्ति को और प्रबल कैसे बनाया जाये ? इस समस्या का हल सिर्फ मानसिक श्रम के स्वचलकरण से संभव है, जिसमें एलेक्ट्रोनी कलनकों की सहायता ली जाती है। एलेक्ट्रोनी कलनक नवोदित विज्ञान—चालिकी—का तकनीकी आधार है।

संचालक तंत्र

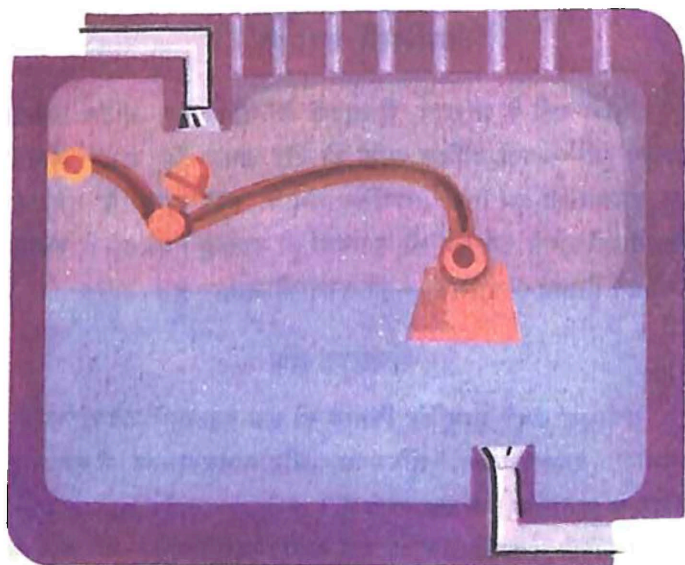
संचालक तंत्र* आधुनिक विज्ञान की एक महत्वपूर्ण अवधारणा है। तकनीक, वनस्पतिजगत, जीवजगत, और मानव-समाज में हम नाना प्रकार के संचालक तंत्र देख सकते हैं।

तकनीकी संचालक तंत्र का एक सरल उदाहरण है—जल-स्तर का प्लावी नियामक (चित्र पृ. 8 पर)। इसका काम द्रव-स्तर को स्थिर बनाये रखना है। ऐसे नियामक सरलतम वाष्पित्रों में लगे होते हैं।

इस नियामक में संचालक तंत्र एक तरंड, एक उत्तोलक और एक डाट से बना होता है। इस सरल तंत्र में जटिल से जटिल संचालक तंत्रों के भी सभी गुण मौजूद हैं। यथा, हर संचालक तंत्र में एक **संवेदी अंग** या **ग्राहक प्रयुक्ति** होती है (हमारे नियामक में यह तरंड है), जिसकी सहायता से वह **संचाल्य वस्तु** (पानी के बर्तन) की अवस्था (पानी के स्तर) के बारे में जानकारी या, जैसा कि अक्सर कहते हैं, **सूचना** ग्रहण करता है।

संचालक तंत्र में एक ऐसी प्रयुक्ति भी होनी चाहिए, जो संवेदी अंग

---

* तंत्र सोपानिक अधीनता के सिद्धांत पर परस्पर संबद्ध और परस्पर क्रियाशील उपादानों से बने समुच्चय को कहते हैं।—अनु.

जल-स्तर का प्लावी नियंत्रक

द्वारा संचाल्य (वस्तु) से प्राप्त सूचना का रूपांतरण कर सके। हमारे उदाहरण में **सूचना का ऐसा रूपांतरक** उत्तोलक है।

और अंत में संचालक तंत्र में ऐसा कोई उपकरण होना चाहिए, जिसकी सहायता से वह संचाल्य पर अभिक्रिया कर सके। ऐसे उपकरण को कार्यकारी यंत्र (दाता-प्रयुक्ति) कहते हैं। हमारे उदाहरण में कार्य-कारी यंत्र नली के मुंह को बंद करने वाला डाट है।

आधुनिक तकनीक में जल-स्तर के नियामक तंत्र से कहीं ज्यादा जटिल स्वचल तंत्र प्रयुक्त होते हैं। जैव संचालक तंत्र और भी जटिल होते हैं और इनमें भी मनुष्य का तंत्रिका-तंत्र, उसका शिरोमस्तिष्क

जटिलतम संचालक तंत्र है। तकनीकी संचालक तंत्रों की तरह आदमी के तंत्रिका-तंत्र में भी संवेदी अंग (ज्ञानेन्द्रियों में तंत्रिकाओं के सिरे) होते हैं, कार्यकारी यंत्र (पेशियों का संचालन करने वाले तंत्रिकाओं के सिरे) होते हैं और सूचना का रूपांतरक (स्वयं तंत्रिका-तंत्र) होता है।

और मानव-समाज में संचालक तंत्र किस तरह से बने हैं? अर्थ-संचालन को लेते हैं। इस तंत्र का संवेदी अंग प्राथमिक गणन का विभाग है, जो आर्थिक स्थिति के बारे में विभिन्न सूचनाएं जमा करता है। एकत्रित सूचनाओं का रूपांतरण, निर्णय लेने का कार्य योजना-विभागों, मंत्रालयों, आदि, में होता है। उद्यमशालाओं में विशेष कार्यकारी उपकरण होता है, जो इन निर्णयों को कार्यान्वित करता है।

उपरोक्त उदाहरण दिखाते हैं कि संचालक तंत्रों में मौलिक भिन्नताएं होने के बाद भी उनमें कुछ सार्वता उपस्थित रहती है। जिन सार्वनियमों के आधार पर संचालक तंत्र काम करते हैं, उनका अध्ययन एक विशेष विज्ञान—**चालिकी**—में होता है। शब्द 'चालिकी' साइबेरनेटिक्स (किबेरनेटिक्स) का अनुवाद है (प्राचीन ग्रीक शब्द 'किबेरनाओ'—'मैं चलाता हूं', 'किबेरनेटेस'—'चलाने वाला, चालक', जिसके हाथ में संचालन के लिए रास, बागडोर, स्टीयरिंग, आदि, होता है; 'किबेरनेटिके'—'चालन-कला')। शब्द 'चालिकी' हमें याद दिलाता है कि विज्ञान 'चालिकी' का सम्बंध संचालन से है। यदि और शुद्ध रूप में कहा जाये, तो **चालिकी सूचना-रूपांतरणों और संचालक तंत्रों के व्यापक नियमों का अध्ययन करती है।**

प्राचीन ग्रीक विद्वानों के बाद पहले-पहल इस शब्द का प्रयोग 1834 में फ्रांसीसी भौतिकविद आंद्रे मारी आंपेर (ऐंपियर **Ampere,**

1775-1836) ने किया। उन्होंने "चालिकी" नाम समाज-संचालन के विज्ञान को दिया था, जो उस समय अस्तित्व में नहीं आया था। 1948 में शब्द 'चालिकी' से संचालन के सामान्य विज्ञान को द्योतित किया गया, जो वाद में चल कर एक स्वतंत्र वैज्ञानिक विषय वना। चालिकी का जन्म विज्ञान और तकनीक के अव से पूर्ववर्ती विकास का परिणाम है। चालिकी की आधारशिला आधुनिक गणित और इसके द्रुत विकासशील क्षेत्र, जैसे अलजवरा, गणितीय तर्क, सूचना-सिद्धांत, अलरितम-सिद्धांत, स्वचलता-सिद्धांत, वाहुल्यसेवा-सिद्धांत, श्रेष्ठ निर्णय का सिद्धांत, संक्रिया-अन्वीक्षण, आदि, हैं।

वर्तमान समय में चालिकी स्वचलकरण (और मुख्यतया अनेक प्रकार के वौद्धिक कार्यों के स्वचलकरण) का सैद्धांतिक आधार है।

तकनीकी तथा जैव तंत्रों और साथ ही इन दोनों तथा मानव-समाज में कार्यरत संचालक तंत्रों के बीच गहन गुणात्मक अन्तर है—इसमें कोई शक नहीं है। इसीलिए चालिकी के साथ-साथ विज्ञान की ऐसी भी शाखाएं हैं, जो विभिन्न प्रकार के संचालक तत्री की विशेषताओं का अध्ययन करती हैं। इनमें तकनीकी स्वचालिकी, उच्च स्नायविक क्रिया-लोचन और सामाजिक विज्ञानों के एक वहुत वड़े समूह की गणना होती है।

चालिकी की अनुयुक्त प्रकृति इस तथ्य से व्यक्त होती है कि इसका उपयोग यथार्थ दुनिया की बिल्कुल भिन्न वस्तुओं के अध्ययन में होता है। यथा, आर्थिक चालिकी का काम आर्थिकी में संचालक तंत्रों के व्यापक नियमों का प्रयोग करना है; जीव-चालिकी सजीव अंगधारियों तथा मानवीय चितन का अध्ययन करती है, बुद्धि या प्रज्ञा का प्रतिरूप

वनाने के प्रयत्न करती है; तकनीकी चालिकी कलनक मशीनों और मूचनात्मक तंत्रों, आदि, जैसे जटिल तंत्रों का प्ररेखण करती है।

चालिकी के व्यावहारिक उपयोग की प्रक्रिया में नये-नये सैद्धांतिक प्रश्न उठते रहते हैं, जिनका अध्ययन सैद्धांतिक चालिकी करती है।

सूचना और कोडन

चालिकी का महत्वपूर्ण अंग है—**सूचना-सिद्धांत**। यह सूचना की प्रस्तुति और प्रेषण के विभिन्न रूपों का अध्ययन करता है; ये रूप विविक्त (ऐब्स्ट्रैक्ट, नैसर्गिक जन्म-परिस्थितियों तथा सम्बन्धों से अलग किये हुए) भी हो सकते हैं और संभूत (नैसर्गिक जन्म-परिस्थितियों तथा सम्वन्धों के साथ) भी हो सकते हैं—संभूत संचालक तंत्रों में प्रयुक्त हो सकते हैं।

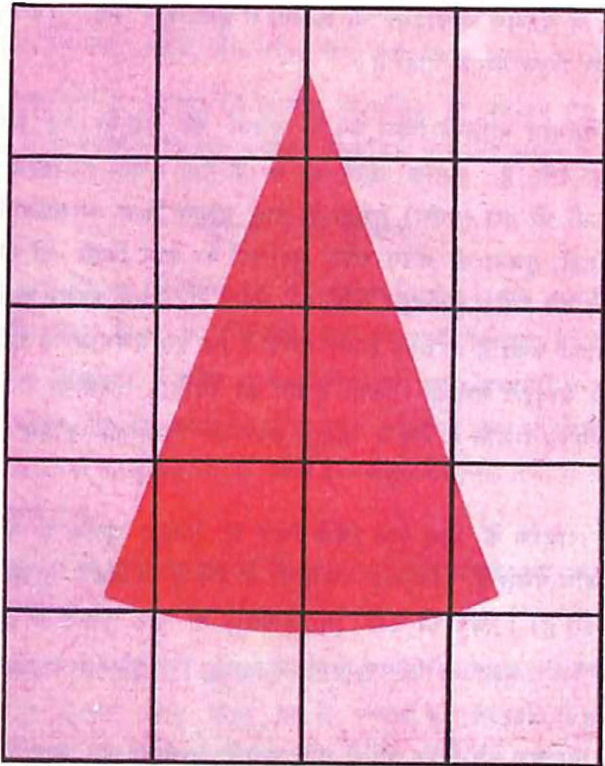
सूचना दो रूपों में प्रस्तुत की जा सकती है : **संतत** रूप में और **छिन्न** रूप में।

प्रथम स्थिति में सूचना किसी ऐसी राशि के रूप में प्रस्तुत की जाती है, जिसके मान संतत रूप से वदलते हैं, छलांगों में नहीं। उदाहरणार्थ, रेडियो या टेलीफोन द्वारा शब्दों को प्रेषित करने के लिए ध्वनि को समरूपता से अपना मान बदलने वाली राशियों—धाराबल या वोल्टता (विभवांतर)—के रूप में प्रस्तुत करते हैं। उन्हीं शब्दों को कागज पर लिखने में या मोर्स की वर्णमाला द्वारा प्रेषित करने में प्रस्तुति की प्रकृति वदल जाती है, सूचना थोड़े-थोड़े अंशों या अलग-अलग 'पुटलियों'—बिन्दु और डैस—में वांट दी जाती है (मोर्स की वर्णमाला में सिर्फ दो वर्ण हैं—बिन्दु और डैस); एक पुटली से दूसरी

पुटली में संक्रमण चौकड़ियों या छलांगों में होता है। यहां सूचना की प्रस्तुति छिन्न रूप में होती है।

वर्तमान चालिकी छिन्न रूप में सूचना की प्रस्तुति को विशेष महत्व देती है, क्योंकि संतत रूप में दी गयी सूचना को छिन्न रूप में किसी भी प्रत्त (प्रदत्त) शुद्धता के साथ प्रस्तुत किया जा सकता है। यही नहीं, सूचना की अलग-अलग पुटलियों का काम किसी भी संख्या में चुने गये प्रतीक (सार्वकृत वर्ण) कर सकते हैं, जिन्हें अक्सर **विविक्त वर्णमाला** कहते हैं। सिर्फ इतना जरूरी है कि इस वर्णमाला में एक से अधिक सार्वकृत वर्ण हों। किसी सूचना को विविक्त वर्णमाला के वर्णों की क्रमवद्ध स्थिति के रूप में प्रस्तुत करने की क्रिया को कोडन कहते हैं।

उदाहरण के लिए पृष्ठ 14 के चित्र में निहित सूचना के कोडन की विधि देखते हैं (विविक्त वर्णमाला के रूप में दो अंक—0 और 1 ले सकते हैं)। चित्र को वर्गों (या आयतों) में बांट देते हैं। इनका आकार उस शुद्धता-कोटि पर निर्भर करता है, जिससे हमें सूचना प्रस्तुत करना है।

तय कर लेते हैं कि वर्ग में यदि आकृति आधी से कम जगह छेंकती है, तो उस वर्ग को शून्य से द्योतित करेंगे, यदि आधी या आधी से अधिक जगह छेंकती है, तो उस वर्ग को इकाई से द्योतित करेंगे। ऊपर से नीचे तक हर पंक्ति के वर्गों को बायें से दायीं ओर चलते हुए तदनुसार द्योतित करने पर हमें छिन्न कोड प्राप्त होगा : 000000001100-1100000। जाहिर है कि यह प्रस्तुति, चित्र का बहुत कम शुद्धता से वर्णन करती है। पर यदि चित्र को और छोटे-छोटे वर्गों (या आयतों)

शंकु का चित्र विविक्त वर्णमाला में कोडित करना है ।

में विभक्त कर दिया जाये, अर्थात वर्गों की संख्या पर्याप्त बड़ी कर दी जाये, तो अधिक उच्च कोटि की शुद्धता से वर्णन प्राप्त हो सकेगा ।

प्राप्त कोड के आधार पर आरंभिक चित्र ज्ञात करने की विपरीत क्रिया, अर्थात आरंभिक सूचना को उसके छिन्न कोड के सहारे प्राप्त करने की क्रिया, को **डिकोडन** कहते हैं ।

सूचना-सिद्धात में विभिन्न खबरों को कोडित करने की ही नहीं, उनमें निहित सूचना का मात्रात्मक मूल्यांकन करने की विधियां भी निर्धारित की गयी हैं।

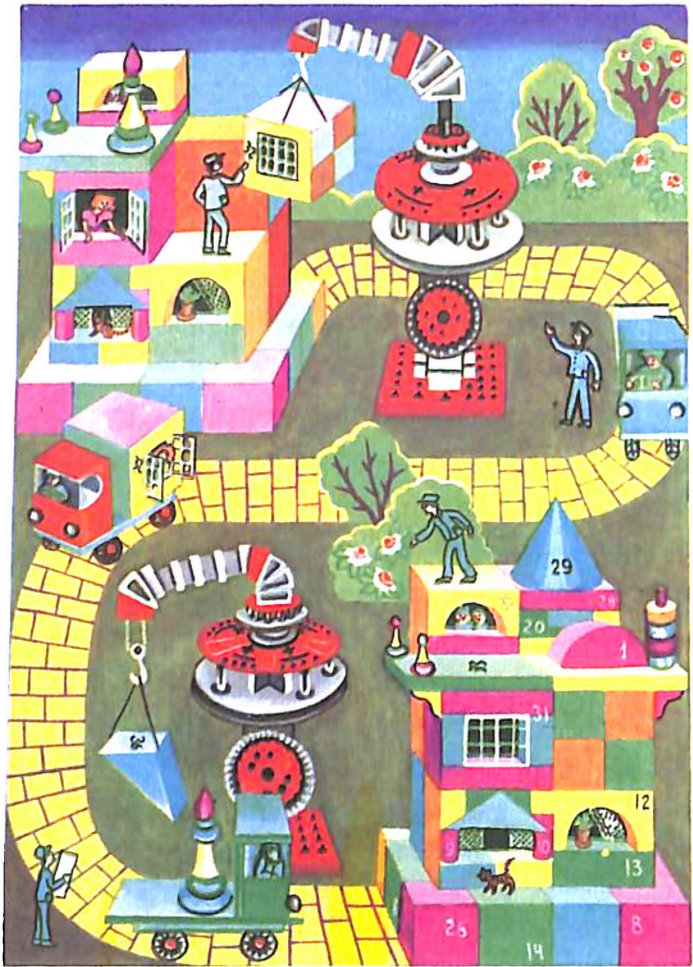
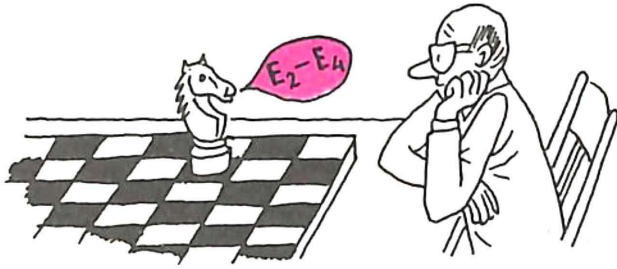
स्वचलता-सिद्धांत

कोडन और डिकोडन की समस्याएं मुख्यतः संचालक तंत्रों की ग्राहक और दाता प्रयुक्ति बनाते समय उठती हैं। सूचना की रूपांतरकारी प्रयुक्तियों का सैद्धांतिक आधार आधुनिक चालिकी का एक **स्वचलता-सिद्धांत** नामक अध्याय है।

इस सिद्धांत की विपय-वस्तु मुख्यतः स्वचल मशीन, उसके गुण, उसकी बनावट, उसका प्रेरेखन और साथ ही उसकी सहायता से सूचना के रूपांतरण की विधियां हैं।

स्वचलता-सिद्धांत और अलरितम-सिद्धांत के बीच बहुत घनिष्ठ सम्बंध है, स्वयं 'स्वचलता' की अवधारणा अलरितम की गणितीय अवधारणा पर आधारित है। अलरितम नियमों के सांत (अंतयुक्त) तंत्र को कहते हैं, जिसके सहारे छिन्न सूचना का रूपांतरण होता है।* अलरितम की अवधारणा से आप दरअसल स्कूलों में ही परिचय पा लेते हैं। उदाहरणतया, बीजगणित से वर्ग-समीकरण और रैखिक समीकरणों के तंत्रों के हल, वर्णिक व्यंजनों में समरूप पदों के जोड़-घटाव और

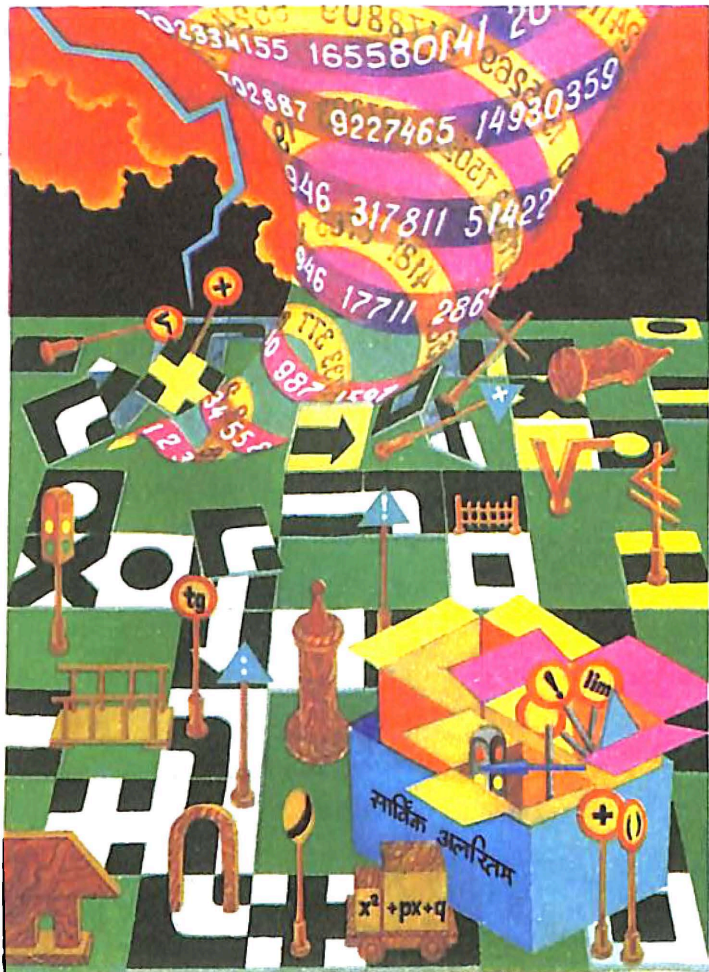
---

* मध्य एशिया के विद्वान मुहम्मद बेन मूसा (करीब 787-850) के उपनाम अल-ख्वारेज्मी का लातीनी आत्मसातन अलगोरिज्म (-इज्म=-वाद) और तदनन्तर फ्रांसीसी आत्मसातन अलगोरिथ्म (ग्रीक : अरिथ्मोस=संख्या) हुआ था। अलगोरिथ्म शब्द से प्रश्न को यंत्रवत हल करने की विधि (आवश्यक संक्रियाओं के क्रम) को सूचित किया जाता था। हिन्दी में इसे अलरितम के रूप में आत्मसात करने की कोशिश हुई है, संस्कृत 'ऋतम्' (स्थिर और निश्चित नियम) से।—अनु

यह घरौंदा भी कोडित तथा डिकोडित किया जा सकता है।

विकोष्ठन के अलरितम सभी जानते होंगे। लेकिन अलरितम का प्रयोग गणित की सीमा के बाहर भी प्रचलित है। यदि उन सभी नियमों को सूत्रवद्ध किया जाये, जिनका प्रयोग अंग्रेजी से रूसी का कोई अनुभवी अनुवादक करता है, तो अंग्रेजी-रूसी अनुवाद का अलरितम प्राप्त होगा।

शतरंज के प्राथमिक नियमों के साथ यदि सामरिक नियमों को भी मिला दिया जाये, जिनकी सहायता से हर स्थिति में प्रत्त नियमों की दृष्टि से एकमात्र उत्तम चाल ढूंढ़ी जा सके, तो शतरंज के खेल का अलरितम प्राप्त होगा।

सिद्धांततः किसी भी मानवीय वौद्धिक कार्य को एक अलरितम-पालन के रूप में प्रस्तुत किया जा सकता है। लेकिन इन अलरितमों के लिए नियम ढूंढ़ना वस्तुतः अत्यंत कठिन और जटिल कार्य है।

अलरितमी तंत्र में सूचना व्यक्त करने की विधि, प्राथमिक संक्रियाओं (जैसे गणित में जोड़-घटाव आदि) का समूह और प्राथमिक अलरितमों से जटिल अलरितम प्राप्त करने के नियम आते हैं।

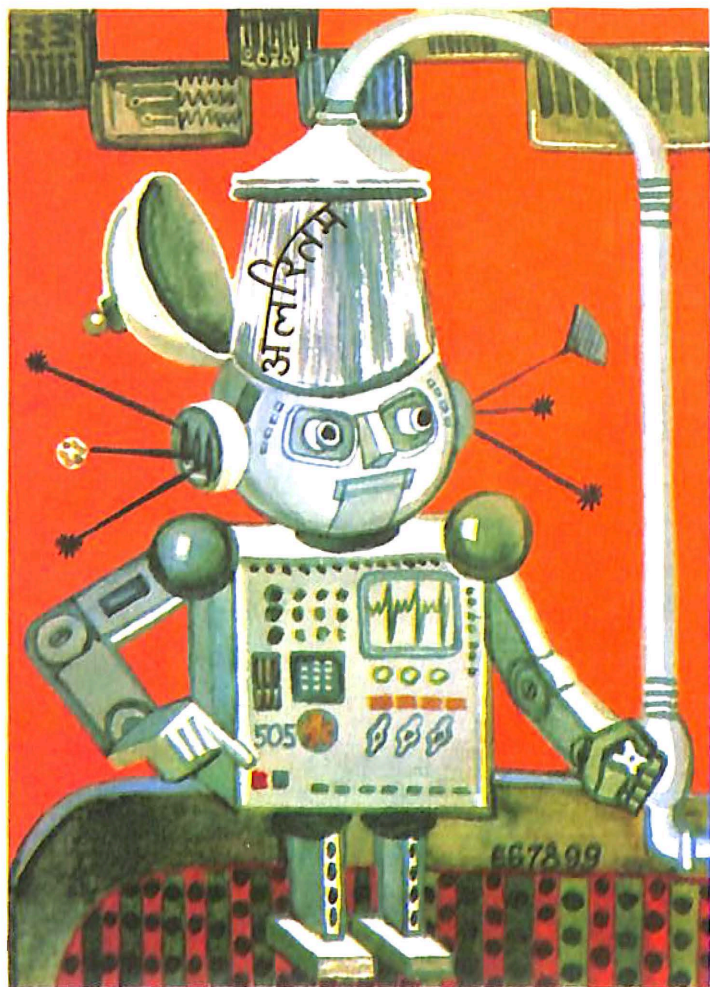
अलरितम-सिद्धान्त से प्राप्त दो परिणाम चालिकी के लिए अत्यन्त महत्वपूर्ण हैं। पहला है—**अलरितमी तंत्रों की सार्वता;** इसका अर्थ है

सरल ज्यामितिक गुणों को सिद्ध करने के लिए सार्विक अलरितम बनाये जा सकते हैं, लेकिन पूर्ण संख्याओं के गुणों के लिए नहीं। यह असंभव कार्य है।

कि प्रत्त अलरितमी तंत्र में कोई भी अलरितम लिखा जा सकता है। जिस प्रकार परमाणुओं के मिलने से विभिन्न द्रव्यों के अणु वनते हैं या एक ही जैसे वर्णों के विभिन्न मेल से विल्कुल भिन्न अर्थ वाले शब्द वनते हैं, उसी प्रकार प्राथमिक अलरितमी संक्रियाओं के आवश्यक मेल से कोई भी अन्य अलरितम प्राप्त किया जा सकता है।

दूसरा महत्वपूर्ण परिणाम यह है कि **अलरितमी हलातीत प्रश्न** भी अस्तित्व रखते हैं। ये ऐसे प्रश्न हैं, जिनके हल के लिए अनंत संख्या में विभिन्न चालों (संक्रियाओं) की आवश्यकता पड़ती है। लेकिन कोई भी अलरितम चालों की सिर्फ सांत संख्या से वन सकता है, यद्यपि यह संख्या वहुत बड़ी भी हो सकती है।

उदाहरण के लिए, ऐसा अलरितम वनाया जा सकता है, जिसके सहारे सरल ज्यामिति का कोई भी प्रमेय सिद्ध किया जा सके (सीमा की अवधारणा का प्रयोग किये वगैर)। लेकिन यह भी सिद्ध किया जा चुका है कि संख्या-सिद्धांत के लिए (जो पूर्ण संख्याओं के गुणों का अध्ययन करता है) ऐसा अलरितम वनाना संभव नहीं है, वह अस्तित्व ही नहीं रखता।

स्वचलता-सिद्धांत की मुख्य समस्या है—प्रत्त अलरितम के कार्यान्वयन के लिए सूचना-रूपांतरक वनाने की विधियां निर्धारित करना। विभिन्न उद्यम-शाखाओं में उत्पादन-प्रक्रियाओं के नियंत्रण और संचालन के लिए मशीनें, एक भाषा से दूसरी में अनुवाद करने वाली मशीनें—ये सूचना-रूपांतरक हैं, जो किसी न किसी अलरितम का पालन करते हैं।

यदि सार्विक अलरितमी तंत्र अस्तित्व रखते हैं, तो सिद्धांततः **सार्विक सूचना-रूपांतरक** भी वनाये जा सकते हैं जो किसी भी अलरितम

को कार्यान्वित कर सकते हैं, उसका पालन कर सकते हैं। इस तरह के सार्विक सूचना-रूपांतरक बनाये जा चुके हैं और सफलतापूर्वक काम भी कर रहे हैं। ये तथाकथित **सार्विक एलेक्ट्रोनी आंकिक कलित्र** (एलाक) हैं। इन मशीनों को आंकिक कहते हैं, क्योंकि शुरू-शुरू में इनका उपयोग **कलनक अलरितमों** को संपन्न करने के लिए हुआ था। जिन सूचनाओं के साथ इनका वास्ता पड़ता था, वे भी **आंकिक**, अर्थात संख्याओं के समूह, ही थे। इन मशीनों में तथाकथित **स्मर्नक प्रयुक्ति** (स्मृति, सूचनागार) भी होती है, जिसकी सहायता से वे संसाध्य सूचना और साथ ही अपना **कार्यक्रम** 'याद' रखती हैं, अर्थात नियत संकेतों (कोड) की सहायता से वे उस अलरितम को लिख लेती हैं, जिसे उन्हें पूरा करना होता है।

कार्यक्रम बदलने के लिए पूरी मशीन में परिवर्तन की आवश्यकता नहीं होती; ग्राहक में यथास्थान **छेद किया हुआ कार्ड या फीता** (छेदित कार्ड या छेदित फीता) डाल देना पर्याप्त होता है। इस प्रकार मशीन में नया कार्यक्रम डाला जाता है और उसे नये प्रकार के काम के लिए तैयार किया जाता है।

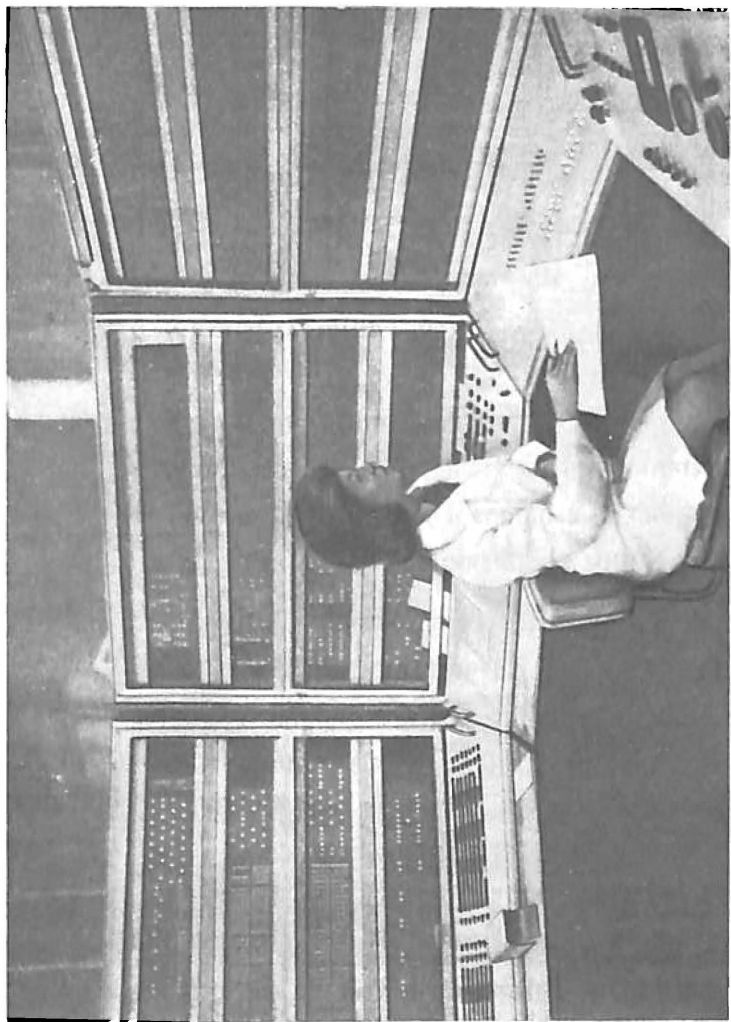
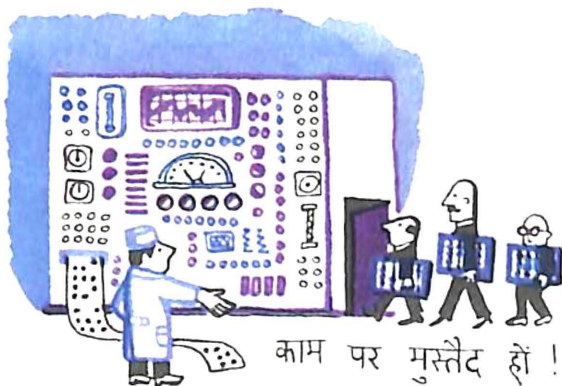
इसके फलस्वरूप आदमी के बौद्धिक कार्य के स्वचलकरण के लिए विस्तृत संभावनाएं उत्पन्न होती हैं—सिर्फ इतना ही रह जाता है कि विचाराधीन कार्य का वर्णन करने वाला अलरितम बना लिया जाये, उसे कार्यक्रम में रूपांतरित किया जाये और मशीन में डाल दिया जाये।

सार्विक मशीन में कोई भी अलरितम कार्यक्रम के रूप में डाला जा सकता है, और चूंकि मशीन आदमी की तुलना में अधिक शीघ्रता और शुद्धता से काम करती है, इसलिए वह अलरितम भी उसकी तुलना में अधिक अच्छी तरह से संपन्न करती है। इससे स्पष्ट हो जाता है कि

जिन बौद्धिक कार्यों में आदमी यथासमय सूचना का संसाधन करने में समर्थ नहीं होता, उनके स्वचलकरण में चालिकी का कितना व्यावहारिक महत्व है । अनेक वैज्ञानिक और इंजीनियरी कलन इतने जटिल होते हैं कि आदमी उन्हें पूरा करने में बहुत समय लगा देता है ।

वर्तमान समय में गणित तथा निगमन तर्कशास्त्र का प्रयोग करने वाले अन्य विज्ञानों के लिए सिर्फ सरल सूचना-निदर्शक तंत्र ही काफी नहीं हैं, जो सिर्फ इतना बताते हैं कि गणित के तदनुरूप क्षेत्र के बारे में कहां और क्या पढ़ना चाहिए; उन्हें स्वयंसिद्धि के मशीनी अलरितम वाले तंत्रों की आवश्यकता है, जो तथ्य-संकुलों के आधार पर स्वयं सरल तर्कसंगत निष्कर्ष निकाल सकते हैं । इन सब की सहायता से गणित की आधारशिला रचने की समस्या को नये सिरे से हल किया जा सकता है ।

अर्थव्यवस्था में कलनक तकनीक

परमाणु-भौतिकी तथा रॉकेटी तकनीक जैसे आधुनिक विज्ञान-क्षेत्रों में अरबों अंकगणितीय संक्रिया वाले कलनों की आवश्यकता पड़ती है । बटन वाले कलनक उपकरणों की सहायता से भी आदमी बहुअंकी संख्याओं के साथ एक मिनट में औसतन दो से अधिक अंकगणितीय संक्रियाएं नहीं सम्पन्न कर सकता । एक अरब संक्रियाएं सम्पन्न करने के लिए उसे हजार वर्ष तक अविराम, बिना खाये-पिये, काम करना पड़ता; पर आधुनिक एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीन (जैसे BESM-6) प्रति सेकेंड 10 लाख अंकगणितीय संक्रियाओं की दर से कोई चौथाई घंटे में एक अरब संक्रियाएं संपन्न कर सकती है । श्रम की ऐसी उत्पादनशीलता के कारण अब अनेक जटिल प्रश्न हल हो सकते हैं, जिनके बारे में पहले आदमी सोच भी नहीं सकता था ।

कलन के स्वचलकरण की आवश्यकता विज्ञान और तकनीक के नवीनतम क्षेत्रों को ही नहीं है। उदाहरणतया, मौसम विज्ञान में स्वचलकरण की सहायता से जटिल कलन भी यथासमय संपन्न हो जाते हैं, जो मौसम की भविष्यवाणी के लिए आवश्यक होते हैं।

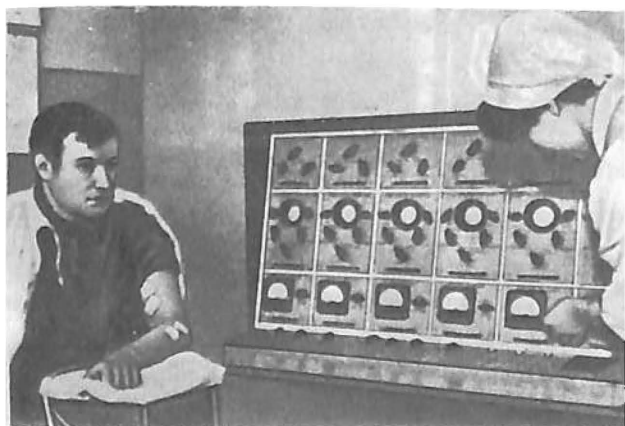
जीवविज्ञान और चिकित्सा-विज्ञान के क्षेत्र में भी कई प्रक्रियाएं स्वचलकृत हो रही हैं। चालिकी जीववैज्ञानिकों को अन्वीक्षण की नयी विधियां प्रदान करती है। सार्विक एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीनें जीवों के विकास और नैसर्गिक चयन का प्रतिरूप बनाने, लक्षणों के आधार पर रोग निर्धारण की प्रक्रिया को स्वचल बनाने और सोपाधिक परिस्थितिज प्रतिवर्त उत्पन्न होने तथा जानवर व यहां तक कि आदमी के मस्तिष्क के अन्य कार्यों के प्रतिरूप बनाने में सहायक होती हैं।

चिकित्सा-विज्ञान के क्षेत्र में रोग का अन्वीक्षक या चिकित्सक एलाक-सज्जित चिकित्सा-केंद्र से रोगी की अवस्था के बारे में सूचनाएं, रोग के इतिहास के बारे में गिने-चुने तथ्य, समान रोगियों के बड़े समूह

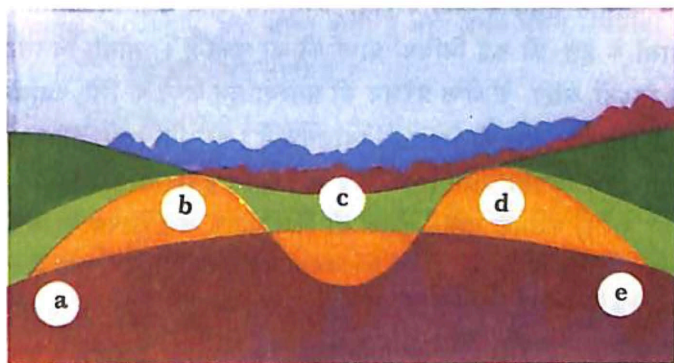
पर प्रयुक्त चिकित्सा-संकुल की कारगरता संबंधी सूचनाएं, आदि, प्राप्त कर सकता है। इस तरह के केंद्र हमारे देश के अनेक नगरों में निर्मित होंगे।

दूसरी ओर जीवविज्ञान चालिकी को नये-नये विचार प्रदान करता है जिनकी सहायता से बनी मशीनें मस्तिष्क की प्रकृति के काफी निकट हो जायेंगी, बनिस्बत अभी की मशीनों के।

तकनीकी प्रलेखन में स्वचलकरण की सहायता से सभी अच्छे पर्यायों में से जो सर्वोत्तम होता है (तथाकथित श्रेष्ठ प्रलेख), उसे चुना जा सकता है। स्वचलकरण की अनुपस्थिति में अपेक्षाकृत बहुत कम पर्यायों का निरीक्षण संभव होता है।

उदाहरण के लिए प्रत्त रूट पर रेलवे (दिये हुए स्थानों से गुजरने वाले रेलपथों) का सर्वोत्तम प्रलेख चुनने की समस्या को देखते हैं।

रोग-निर्धारक की भूमिका में एलाक

कल्पना में रूट के अनुतीर जमीन का उदग्र काट प्राप्त करने पर दिये हुए स्थान का चढ़ाव-उतार दिखाने वाला वक्र मिलेगा। ऐसे स्थान पर रेलवे लाइनें नहीं बिछायी जा सकती हैं क्योंकि इंजन को ऐसे मार्ग पर कभी वेग कम करना होगा, कभी बहुत अधिक शक्ति से ऊपर खींचना होगा। विशेष ऊंचाई पर चढ़ने के लिए एक से अधिक इंजन की भी आवश्यकता पड़ सकती है।

इसलिए स्थान को पहले थोड़ा समतल बनाना जरूरी है। इसके लिए कुछेक बिन्दु चुनते हैं, जिनसे होकर जमीन बराबर की जाती है। हमारे उदाहरण में 5 बिन्दु लिये गये हैं (A, B, C, D, E)। सिरे के बिन्दुओं A और E को छोड़ कर बाकी में से हर बिन्दु नियत ऊंचाइयों पर सौ भिन्न स्थितियों में चुना जा सकता है। इस तरह सभी बिन्दुओं की पारस्परिक स्थितियां $100^3 = 1000000$ होंगी; इनमें से किसी एक के सहारे जमीन बराबर की जा सकती है; कौन-सा प्ररेख सबसे अच्छा होगा ?

रेलवे के श्रेष्ठ प्ररेख का चुनाव (आरेख)

यदि एक मिनट में दो पर्यायों का निरीक्षण संभव है, तो कुल निरीक्षण में पूरा साल वीत जायेगा। यदि विन्दुओं की संख्या 100 तक वढ़ा दी जाये, तो पर्यायों की संख्या इकाई पर 196 शून्यों के वरावर हो जायेगी और इन सब का निरीक्षण करने में इकाई पर 190 शून्य जितने वर्ष लगेंगे। इस स्थिति में आदमी तो क्या, एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन भी सारे पर्यायों का निरीक्षण नहीं कर सकती।

इसीलिए ऐसी विधियां प्राप्त करना वहुत आवश्यक है, जिनकी सहायता से विचाराधीन पर्यायों की संख्या तेजी से कम की जा सके; यह शुरू में ही निर्धारित किया जा सके कि अमुक प्रकार के पर्याय अच्छे नहीं होंगे, और इस प्रकार के पर्यायों का समूह शुरू में ही छोड़ा जा सके।

ऐसी विधियां प्राप्त करने के काम का चालिकी के एक विशेष अनुच्छेद—**श्रेष्ठकरण-सिद्धांत और श्रेष्ठनिर्णय-सिद्धांत**—में अध्ययन किया जाता है।

वर्तमान समय में श्रेष्ठ प्ररेखन, आयोजन और संचालन की समस्याओं के हल की कई विधियां प्राप्त की जा चुकी हैं। मार्गों, विजली की लाइनों, आदि, के श्रेष्ठ प्ररेखन की समस्या हल करने के लिए **पर्यायों के क्रमिक विश्लेषण की विधि** सुविधाजनक है। इस विधि की सहायता से साधारण क्षिप्रता वाली (एक सेकेंड में 10-12 हजार संक्रियाएं संपन्न करने वाली) कलनक मशीनें कुछेक सौ किलोमीटर लंवे रेलपथ के लिए जमीन चौरस करने के प्ररेखों का श्रेष्ठ पर्याय कोई 2-3 घंटे में दे सकती हैं।

तकनीक के कई क्षेत्रों में अलरितमों के ऐसे तंत्र विकसित किये जा रहे हैं, जिनकी सहायता से अनेक जटिल वस्तुओं के निर्माण की प्ररेखन-

क्रिया स्वचलकृत हो सकती है।

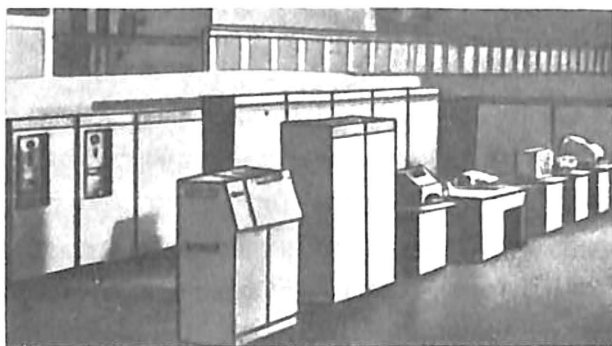
अर्थ-व्यवस्था के श्रेष्ठ नियोजन और संचालन का महत्व कुछ कम नहीं है। इससे सम्बंधित प्रश्नों का चालिकी की एक विशेष शाखा—**आर्थिक चालिकी**—में अध्ययन किया जाता है। सोवियत संघ में उत्पादन का पैमाना इतना बड़ा है और आर्थिक विकास की दर इतनी ऊंची है कि नियोजन की साधारण, अस्वचलकृत, विधियां हमें संतुष्ट नहीं कर सकतीं। किसी योजना का श्रेष्ठ पर्याय ढूंढ़ना आज एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीनों के बिना संभव नहीं है।

एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीनें फिलहाल आर्थिक नियोजन के सिर्फ विशेष (असार्व) प्रश्नों के हल में प्रयुक्त होती हैं। तथाकथित यातायात संबंधी प्रश्न (कई जगहों के बीच माल के अल्पतम खर्च से परिवहन वाली योजना ढूंढ़ने सम्बंधी प्रश्न) **रैखिक कार्यक्रमन** की विधि से विशेष सफलता के साथ हल होते हैं, कारखाने में किसी मशीन के उत्तम कार्यभरण का प्रश्न भी इसी विधि से हल होता है। ऐसे स्वचलकरण से औसतन 10-15% की बचत होती है और अलग-थलग स्थितियों में 50-60% तक की बचत होती है।

आज के दिन सिर्फ नियोजन और संचालन की ही नहीं, आवश्यक प्राथमिक सूचना के संग्रह, गणन, निदर्शन और सांख्यिकीय कार्यों के भी पूर्ण स्वचलकरण की समस्या ज्वलंत हो रही है। इस उद्देश्य से विशेष कलनक केंद्र बनाये जाते हैं, जिनकी संरचनात्मक इकाइयां पदानुकूल स्थान रखती हैं (पदबद्ध रचना); वहां शक्तिशाली एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीनें होती हैं, जो आपस में और उत्पादन-केन्द्रों के साथ आधुनिकतम संचार-साधनों से संबंधित होती हैं। इससे आवश्यक सूचना का संचार शीघ्रता के साथ संपन्न होता है।

5-39

अधीनस्थ एलाक से संचार-नाल द्वारा उच्च स्तर वाली कलनक मशीनों तक जाने वाली सूचनाएं दसेक मिनटों में संसाधित हो जायेंगी; अभी इस काम में वर्षों लग जाते हैं। संसाधित परिणाम सर्वोच्च संगठन (जनतंत्रों की योजना-समितियों और वहां से सोवियत संघ की योजना-समिति) तक पहुंच जायेंगे। यदि भविष्य में कोई नई आर्थिक समस्या हल करने के लिए प्रत्त आंकड़ों की आवश्यकता होगी, तो अपनी-अपनी जगहों पर स्थित एलाकों में सुरक्षित सारी सूचना मशीन-तंत्रों और संचार-तंत्रों के सहारे प्राप्त हो जायेगी।

श्रेष्ठ अर्थ-संचालन की समस्या के साथ उत्पादन-प्रक्रिया के श्रेष्ठ संचालन की समस्या भी जुड़ी है। अभी जटिल प्रक्रियाओं का संचालन एक या कई प्रेषणकर्मी (डिसपैचर) करते हैं, पर वे यह काम श्रेष्ठ ढंग से नहीं कर पाते। बात यह है कि मानव-मस्तिष्क आवश्यक सूचना की बहुत बड़ी मात्रा को यथाशीघ्र संसाधित करने में असमर्थ होता है। यहां उसकी सहायता सिर्फ स्वचलकृत संचालक तंत्र कर सकते हैं,

एलाक 'द्नेप्र-2'

जिनके आधार में संचालन के लिए अनुकूलित सार्विक एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीनें हैं। इन्हें अक्सर **सार्विक संचालन-मशीनें** कहते हैं।

इन मशीनों में विशेष दाता तथा ग्राहक प्रयुक्तियां लगी होती हैं, जो उत्पादन के संचालन के लिए आवश्यक सूचनाएं स्वचल रूप से बटोरती और प्रदान करती हैं।

सार्विक संचालन-मशीन 'द्नेप्र' विभिन्न उद्योग-शाखाओं में उत्पादन-प्रक्रियाओं के नियंत्रण और संचालन के काम आती है। इस्पात गलाने, धातु काटने वाली मशीनों, रसायनिक और पेट्रोलियम उत्पादों के उत्पादन, रेलगाड़ियों की आवाजाही, आदि, अनेक प्रक्रियाओं का संचालन यह मशीन सफलतापूर्वक संपन्न करती है। इस मशीन का उपयोग वैज्ञानिक और इंजीनियरी अन्वीक्षणों, प्रायोगिक परिणामों के आंकड़ों के संग्रह और संसाधन, आदि, क्रियाओं के स्वचलकरण में भी होता है।

यथा, 'मिखाइल लोमोनोसोव' नामक वैज्ञानिक अन्वीक्षक-जहाज पर मशीन 'द्नेप्र' ने जलभौतिकीय अन्वीक्षणों के परिणाम यात्रा-काल में ही प्रस्तुत कर दिये; इसके बगैर इस काम में यात्रा समाप्त होने पर महीनों, और यहां तक की वर्षों, लग जा सकते थे।

चालिकी अब मानव-ज्ञान के सभी क्षेत्रों में अपनी जड़ मजबूती से जमा चुकी है। इसने आदमी को कलनक तकनीक पर आधारित नयी संचालन-विधियों से लैस किया है।

आधुनिक उत्पादन के जटिल होने के कारण उत्पादन का संचालन एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों के बिना, चालिकी के बिना, संभव नहीं है।

संचालन के हर स्तर पर उत्पादन के संचालन का अर्थ अलग-अलग उत्पादन इकाइयों के बीच संबंधों का संचालन है। कारखाने की

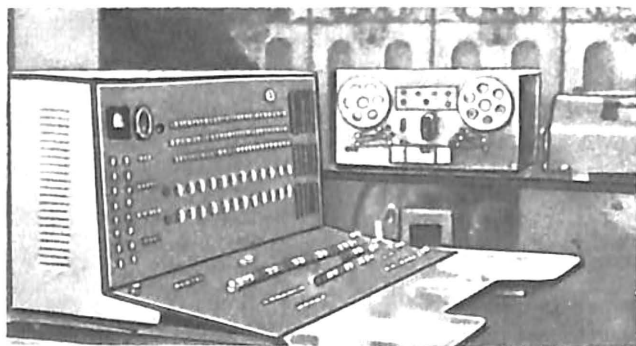
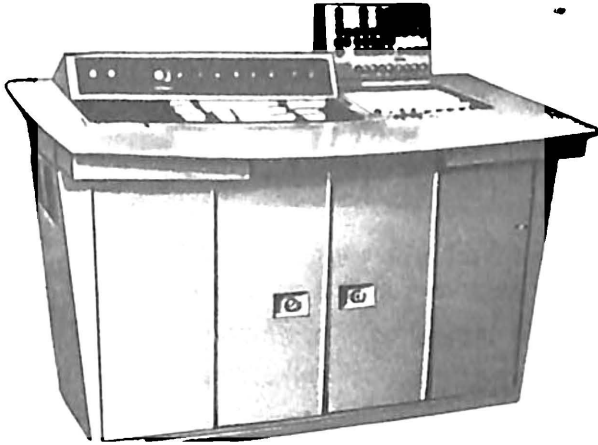
एक कर्मशाला दूसरी के साथ किस तरह से व्यतिक्रिया करती है, कारखाने एक-दूसरे के साथ कैसे सम्बंधित हैं, उद्योग की अन्य शाखाओं के साथ उनकी क्या व्यतिक्रिया है—एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों पर आधारित स्वचलकृत संचालन-तंत्र बनाते समय इन सब बातों को ध्यान में रखना चाहिए। अलग-अलग उत्पादन-केंद्रों के आपसी सम्बंध वैज्ञानिक तकनीकी क्रांति के कारण विशेष रूप से जटिल हो गये हैं। उदाहरण के लिए यदि पुतिलोव का कारखाना लिया जाये, तो 20वीं शती के आरम्भ में उसके लिए आवश्यक सामग्रियों और मशीनों की आपूर्ति का काम कुछ जटिल नहीं था। कारखाना ऐसी मशीनें बनाता था, जिनके लिए आवश्यक धातु पूरी तरह उसी कारखाने में उत्पादित होती थी; आपूर्ति करने वाले अन्य कारखानों की संख्या बहुत सीमित थी। पुराने पुतिलोव कारखाने से ही पनपा हुआ आधुनिक किरोव कारखाना जटिल एलेक्ट्रोनी प्रयुक्तियों का उत्पादन करता है। इसके लिए कारखाने को दसियों हजार छोटे-बड़े कल-पुर्जों की आवश्यकता होती है, जो सैकड़ों पूर्तिकर्ताओं से प्राप्त होते हैं। एक भी सामग्री के यथासमय नहीं मिलने पर कारखाने का काम ठप पड़ जा सकता है, या इसे अपनी योजना में परिवर्तन करना पड़ सकता है। ऐसे जटिल औद्योगिक केंद्रों के लिए ही विशेषज्ञ और वैज्ञानिकगण स्वचलकृत संचालक तंत्र बनाने की समस्या हल करने में जुटे हैं।

कियेव के चालिकीविद मुख्यतः मशीन-निर्माण और उपकरण-निर्माण के लिए स्वचलकृत संचालक तंत्र बनाने में लगे हैं। इन कारखानों की रचना निम्न आरेख के अनुसार होती है: एक स्थान होता है, जहां पुर्जे जोड़ कर पूरी मशीन तैयार करते हैं (जुड़ाई-घर); इसके साथ-साथ कई सहायक-घर (गोदाम आदि) और बनाई-घर होते हैं, जहां

पुर्जे वनते हैं। (ये यांत्रिक कर्मशाला, ढलाई-घर, गैल्वेनी-घर, आदि, होते हैं)। पहली दृष्टि में कारखाने का नियोजन और संचालन इतना जटिल नहीं लगता। मान लीजिए कि किसी वस्तु के दिन-प्रति-दिन उत्पादन की मात्रा निर्धारित हो चुकी है। यदि उत्पादन का पैमाना वहुत बड़ा है, तो सिर्फ यह निर्दिष्ट किया जाता है कि एक महीने, एक त्रिमास में कितना उत्पादन करना है, विभिन्न कर्मशालाओं (सहायक-घर, वनाई-घर, आदि) से कितने पहले फरमाइश करनी चाहिए। इसके वाद यह निर्धारित करना रह जाता है कि वस्तुएं निर्देशानुसार कैसे वनायी जायें। लगता है कि यह सब बिल्कुल आसान है। पर इस नियोजन-विधि से अलग-अलग उत्पादन रेखाओं के बीच दैनिक या घंटे-घंटे की योजनाओं के बीच असमन्वय उत्पन्न हो सकता है। पूरे देश के पैमाने पर ऐसे असमन्वय से हमारे उद्योग को वहुत वड़ी हानि उठानी पड़ सकती है।

यह प्रक्रिया लगभग निम्न प्रकार से होती है। मान लें कि ढलाई-घर को विभिन्न प्रकार के 200 पुर्जे ढालने हैं। ढलाई-घर का अध्यक्ष पुर्जे बनाने का क्रम या तो उत्पादन की तैयारी के अनुसार निर्धारित करता है या धनराशि की दृष्टि से, ताकि तदनुरूप कारीगरों को कमाई मिल सके। लेकिन यांत्रिक कर्मशाला, जहां ढलाई के वाद पुर्जों का परिष्कार होता है, किसी और ही दृष्टि से अपनी योजना निर्धारित करती है। नतीजा अक्सर यह होता है कि जिस पुर्जे की ढलाई त्रिमास के अंत में नियोजित है, यांत्रिक कर्मशाला उसका परिष्कार त्रिमास के आरम्भ में शुरू कर देती है। यदि पिछले त्रिमास से पुर्जे वचे हुए हैं, तो कर्मशाला का काम कुछ दिनों तक आराम से चल जाता है। वाद में उसे कठिनाई होने लगती है। बात निदेशक तक पहुंचती है, मुख्य इंजीनियर

तक पहुंचती है । तरह-तरह के कदम उठाने पड़ते हैं ।

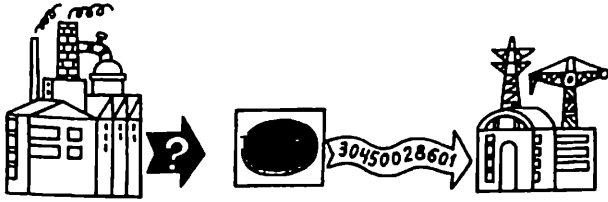
एक रास्ता है : हर पुर्जे का इतना बड़ा भंडार बना लिया जाये कि यांत्रिक कर्मशाला को कभी भी ढलाई-घर का मुंह न देखना पड़े । लेकिन इससे दूसरे नुकसान हैं । अलग-अलग पुर्जों के भंडार से अनिश्चित समय के लिए 'बेकार पुर्जों' का कुल भंडार बहुत बड़ा हो जाता है; इसके अपने खर्चे हैं । इसके अलावा, यह एक प्रकार से तकनीकी प्रगति में बाधक भी है । यदि कारखाने को अगले दस वर्ष तक हूबहू एक ही प्रकार की वस्तुएं बनानी हैं, तो बड़े भंडार से कोई खतरा नहीं है । पर मशीन और उपकरण बनाने वाले आधुनिक कारखाने में एक हफ्ते के दरम्यान एक वस्तु की बनावट में कई-कई बार सुधार हो जाते हैं । इस स्थिति में कारखाने का प्रशासन क्या करेगा ? सुधार के कारण वस्तु का गुण अधिक अच्छा हो जाता है, लेकिन पुराने प्रकार के पुर्जे उसके काम नहीं आ सकते और फेंके भी नहीं जा सकते; उनके भंडार का मूल्य लाखों रूबल है । निष्कर्ष सिर्फ एक हो सकता है—बड़ी अवधि के लिए पुर्जों को जमा करना इस समस्या का कोई उचित समाधान नहीं है ।

एलाक 'मिन्स्क-22'

एलाक 'प्रोमीन-2'

इस प्रकार, भंडारों के आकार का संचालन एक जटिल समस्या है जिसका हल कारखाने में स्वचलकृत संचालक तंत्र को ढूंढना होता है।

कारखाने के संचालक तंत्र का एक उदाहरण है ल्वोव टेलीविजन कारखाने का संचालक तंत्र, जिसे उक्रइनी अकादमी के चालिकी-संस्थान के सहकर्मियों ने कारखाने के विशेषज्ञों के साथ मिल कर बनाया है।

स्वचलकृत तंत्र 'ल्वोव' का तकनीकी आधार 'मिस्क-22' जैसी दो एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों का संकुल है। मशीनों में अतिरिक्त प्रयुक्तियां लगी हैं, जिनके कारण उनका उपयोग अधिक सुविधाजनक हो गया है और कारगरता भी बढ़ गयी है।

मशीन उत्पादन के सभी अंगों के लिए श्रेष्ठ कार्यक्रम बनाती है और उपस्करों की हर संरचनात्मक इकाई के एक-एक मिनट का कार्य-काल योजनाबद्ध करती है, प्राविधिक नियमों के पालन और उत्पादन-

क्रम पर नजर रखती है, आवश्यकता पड़ने पर उपस्करों के नियत संकुल को चालू करती है और इसके लिए यांत्रिक कर्मशाला, ढलाई-घर, आदि, में पुर्जा बनाने की आवश्यक सामग्रियों की यथासमय मांग करना भी नहीं भूलती, इत्यादि। कारखाने के विभागों के कार्य से सम्बंधित सर्वांगीण सूचनाएं किसी भी क्षण प्राप्त की जा सकती हैं।

इन बातों से कारखाने की लाभदायकता का स्तर ऊंचा हो जाता है। स्वचलकृत तंत्र 'ल्वोव' अपनाने से श्रम की उत्पादनशीलता और उपस्करों की कारगरता बढ़ जाती है।

एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीनों का उपयोग किसी दूरस्थ नगर में चल रही उत्पादन-प्रक्रियाओं के संचालन में भी हो सकता है।

संचालक मशीनों के निर्माण से उत्पादन-प्रक्रियाओं के स्वचलकृत संचालन की समस्या सिर्फ आधी हल होती है। उत्पादन-प्रक्रियाओं के संचालन के लिए कारगर अलरितम ढूंढ़ना भी कम महत्वपूर्ण नहीं है।

तकनीकी (उत्पादक) इकाइयों के संचालन के सार्वसिद्धांत का **तकनीकी चालिकी** में अध्ययन किया जाता है।

समझदार मशीन : वैज्ञानिक की विश्वस्त सहायक

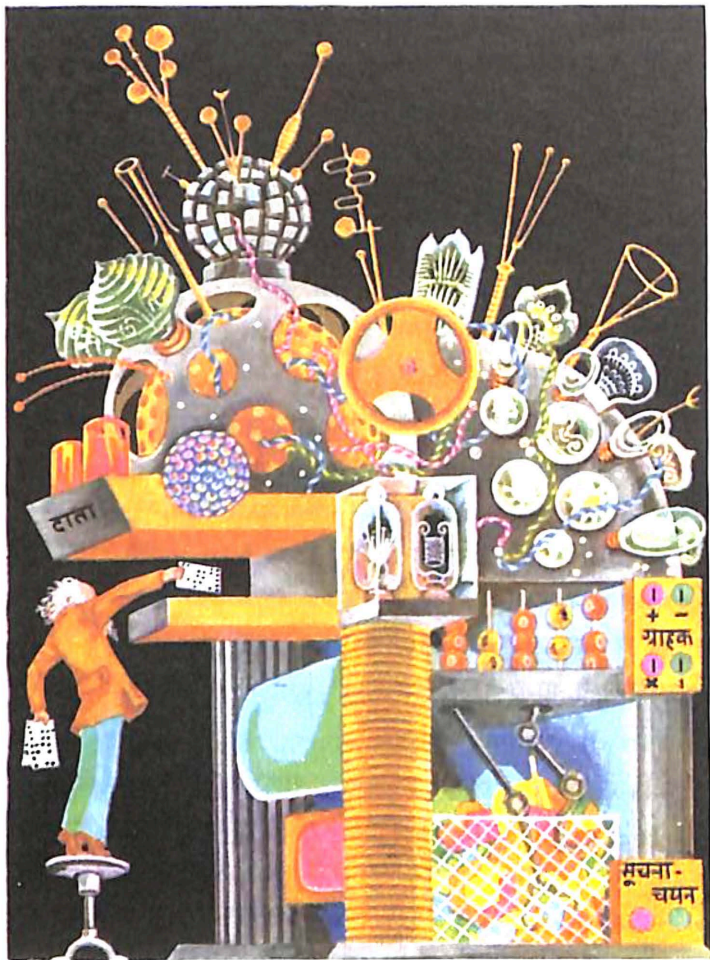
उत्पादन-प्रक्रियाओं का अलरितमन बहुत ही मेहनत का काम है

और प्राविधि में निरंतर सुधार होते रहने से संचालन के अलरितमों में भी सुधार करते रहने की आवश्यकता होती है। इसलिए ज्यादातर ऐसे तंत्रों के उपयोग की कोशिश होती है, जो आवश्यकतानुसार **स्वयं अपने में सुधार कर लें** (विकासरत तंत्र)।

चालिकी की सबसे मोहक शाखा है—मानवीय मस्तिष्क में चलने वाली प्रक्रियाओं का प्रतिरूप बनाने की समस्या का अध्ययन। इसमें विकासरत तंत्रों का विशेष महत्व है। मानव-मस्तिष्क एक अत्यंत जटिल और सुसंगठित विकासशील तंत्र है। मस्तिष्क की क्षमता निम्न उदाहरण से दिखायी जा सकती है।

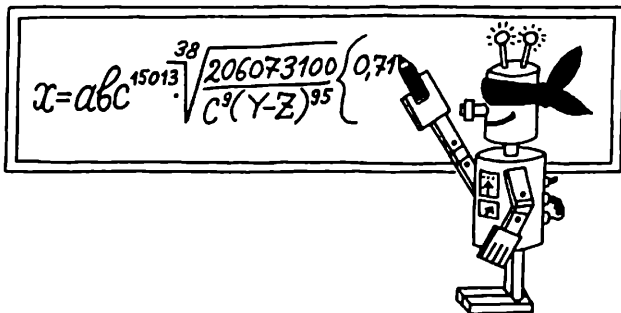
यदि किसी आदमी को पांच-मंजिला मकान का चित्र दिखाया जाये (इसके पहले उसने सिर्फ एक-मंजिले मकान देखे हैं), तो वह विभिन्न प्रकार के बहु-मंजिले मकानों को देख कर मंजिलों की संख्या के अनुसार उसका वर्गीकरण कर सकता है। और इसका मतलब है कि किसी एक बहु-मंजिले मकान का चित्र देख कर वह बहु-मंजिले मकानों की सही सार्विक अवधारणा प्राप्त कर ले सकता है। अन्यतः, आदमी का मस्तिष्क चित्र की वस्तु का सार्वरूप पहचानने के लिए आसानी से अनुकूलित हो जाता है।

मस्तिष्क की इस क्षमता का प्रतिरूप प्राप्त करने के लिए चालिकी में अनेक अलरितम बनाये गये और प्रयोग में भी लाये गये। ये दृश्य-बिंबों और मानवीय संवाद को पहचानने की प्रक्रिया को स्वचल बनाने की व्यावहारिक समस्याओं को हल करने में कई बार सहायक सिद्ध हुए हैं। वैसे संवाद पहचानने की क्रिया के स्वचलकरण की दिशा में अभी सिर्फ पहले कदम ही उठाये गये हैं: मशीन अब तक दसेक शब्द ही पह-

मशीन—वैज्ञानिकों का विश्वस्त सहायक

चान पाती है, जिन्हें निश्चित परिस्थितियों के अन्तर्गत विभिन्न स्वरों में उच्चरित किया जाता है।

मशीन को दृश्य तथा अन्य बिम्ब पहचानने की योग्यता से लैस करना—यह चिंतन-प्रक्रिया के प्रतिरूपण की दिशा में प्रथम और अपेक्षाकृत सरल समस्या है। तार्किक चिंतन का प्रतिरूपण, मशीन को भाषा सिखाना, सृजनात्मक प्रक्रियाओं का प्रतिरूपण—ये कहीं अधिक जटिल कार्य हैं।

तर्कसंगत चिंतन के क्षेत्र में सबसे पहले विभिन्न प्रकार के ऐसे तंत्र प्रतिरूपित किये जाते हैं जिनकी सहायता से गणित के कई क्षेत्रों में प्रमेयों के स्वचल प्रमाण प्राप्त किये जाते हैं। यहां सिर्फ उन प्रमेयों को स्वचल रूप से प्रमाणित करने की बात नहीं चल रही है, जो पाठ्य-पुस्तकों में दिये जाते हैं, बल्कि आदमी के लिए अब तक अज्ञात प्रमेयों के स्वचलकृत प्रमाणन की भी बात चल रही है। इस तरह के स्वचल-करण का महत्व बहुत अधिक है: अभी के अपेक्षाकृत कम उत्कृष्ट व्यापक एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीनों के वेग और त्रुटिहीन कार्य का भी उपयोग करके निकटतम भविष्य में ही ऐसे जटिल प्रमेय सिद्ध किये जा सकते हैं, जिन्हें आदमी की बुद्धि बिना मशीन की सहायता से प्रमाणित नहीं कर सकती।

यहां खुद विज्ञान के विकास में स्वचलकरण के उपयोग का प्रश्न उठता है। भविष्य में नये प्रमेयों को सिद्ध करने में ही नहीं, प्रेक्षण के परिणामों के व्यापकीकरण में, नये भौतिकीय तथा अन्य सिद्धान्तों को रचने में भी चालिकीय मशीनें आदमी की अपरिहार्य सहायक सिद्ध होंगी। अभी ही जटिल कलन और प्रयोगदत्त आंकड़ों के संसाधन के

अतिरिक्त मशीनों का उपयोग सूचना-निदर्शन के स्वचलकरण में होने लगा है; पहले इस कार्य में वैज्ञानिकों का बहुत अधिक समय नष्ट होता था। सिद्धांत के अनुसार वैज्ञानिक सूचनाओं को सिर्फ पुस्तकालयों में ही नहीं, बल्कि विशेष सूचना-केन्द्रों में चालिकीय मशीनों की एलेक्ट्रोनी याददाश्त में भी सुरक्षित रखा जा सकता है। इन केन्द्रों से आवश्यक सूचनाएं, किसी वैज्ञानिक निबंध का संक्षिप्त या पूर्ण अन्तर्य, आदि, सरलतापूर्वक प्राप्त किये जा सकेंगे।

वैज्ञानिक सृजनात्मक कार्यों में एक भाषा से दूसरी में अनुवाद, निबंधों के संक्षेपण, आदि, क्रियाओं के स्वचलकरण को भी महत्वपूर्ण स्थान प्राप्त होगा। इसके लिए मशीन में मानवीय भाषा का कोई न कोई ज्ञान-तंत्र भी भरना होगा। अभी प्रारम्भ में इस तंत्र में सिर्फ आवश्यक शब्दकोश और व्याकरणिक नियम ही समाविष्ट किये गये हैं। लेकिन सिद्धान्ततः मशीन को उसमें भरे गये वाक्य का अर्थ समझने का काम सिखाना भी संभव है।

इस तरह के प्रयोग उक्रइनी अकादमी में किये गये थे। सार्विक एलेक्ट्रोनी आंकिक मशीन को तथाकथित 'सीखने की अवस्था' में 100

आकस्मिक शब्दों से बने सार्थक और निरर्थक वाक्यों में अन्तर करना सिखाया गया। मशीन अपने 'गुरू' द्वारा उसमें भरे गये वाक्यों को 'कंठस्थ' ही नहीं करती थी, नयी अवधारणाएं भी रचती थी। वह 'गुरू' से प्रश्न भी करती थी, और 'परीक्षा की अवस्था' में, सिर्फ उसे पहले से बताये गये वाक्यों के अर्थ में ही नहीं, बिल्कुल नये वाक्यों के अर्थ में भी भेद करती थी।

एक ज्वलंत प्रश्न उठता है : क्या बौद्धिक सृजनात्मक कार्यों का स्वचलकरण संभव है? वैज्ञानिक सर्जना की बात ऊपर चली थी। सिर्फ यह निर्धारित करना आवश्यक होता है कि कार्यक्रमक को कार्यक्रम बनाने में कार्यक्रम का प्रश्न हल करने से कहीं अधिक समय तो नहीं लगेगा?

एक सरल उदाहरण देखें। मान लें कि कार्यक्रमक को वर्ग-समीकरण हल करना नहीं आता, लेकिन वह यह परख सकता है कि अमुक संख्या प्रत्त समीकरण का मूल है या नहीं। इस स्थिति में वह बिना किसी कठिनाई के कार्यक्रम रच सकता है, जिसके अनुसार मशीन एक के बाद एक सरल से जटिलतर सूत्रों का उपयोग करती हुई समीकरण हल करती जायेगी और उत्तर की जांच भी करती जायेगी। हर प्रयत्न की जांच, प्रत्त समीकरण में विचाराधीन सूत्र से प्राप्त उत्तर बैठा कर की जायेगी (प्रत्त समीकरण एक से अधिक भी हो सकता है)। असफल होने पर मशीन अगला सूत्र बनाती है और उसकी जांच करती है। यह क्रम तब तक चलता रहेगा, जब तक कि सफलता हाथ नहीं आती। कार्य बहुत फुर्ती से करने के कारण, मशीन जल्द ही इष्ट सूत्र ढूंढ़ लेगी।

अधिक जटिल समस्या के हल में एक-एक सूत्र की जांच की विधि से सफलता नहीं मिलेगी। पर नियमतः अत्यधिक क्षिप्रता के कारण

मशीन तदनुरूप समस्याएं अपेक्षाकृत अधिक सरल विधियों से हल कर सकती है, बनिस्वत कि ऐसी विधियों के जिनका उपयोग आदमी को करना पड़ता है। इसलिए सृजनात्मक प्रकृति की इक्की-दुक्की समस्याओं के हल के लिए भी कार्यक्रम तैयार करना, समस्या के सीधे हल से अधिक सरल हो सकता है। वास्तव में स्थिति और भी आसान होती है क्योंकि रचा गया कार्यक्रम समान प्रकार की सभी समस्याओं के हल में प्रयुक्त होता है।

आदमी और मशीन

सृजनात्मक प्रक्रियाओं के स्वचलकरण की समस्या चालिकी की सबसे रोचक समस्याओं में से एक है।

वर्तमान समय में ऐसे वस्तुगत आंकड़े मौजूद हैं, जिनकी सहायता से सृजनात्मक प्रक्रियाओं के स्वचलकरण की समस्या हल करने के लिए व्यावहारिक कदम उठाये जा सकते हैं।

प्रथम घटक है—विश्व पैमाने पर कलनक तकनीक के क्षेत्र में पिछले वर्षों की एक महत्वपूर्ण सफलता : मशीन के साथ आदमी के संवाद की सुविधाएं।

दूसरा घटक है—एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों (कंप्यूटरों) की 'प्रज्ञा' में वृद्धि।

इन घटकों से तात्पर्य क्या है?

प्रथमतः, ऐसे तंत्र विकसित किये गये हैं, जिनसे मशीन का संपर्क एक ही समय में कई उपयोगकर्ताओं के साथ हो सकता है (तथाकथित कॉलबांट-तंत्र)।

सचमुच में आज के कंप्यूटर एक ही समय कई उपयोगकर्ताओं की सेवा कर सकते हैं। वर्तमान समय में उपयोगकर्ताओं की संख्या कुछेक सौ तक हो सकती है। उपयोगकर्ता कंप्यूटर के साथ विशेष पीठक द्वारा संपर्क पथ से होकर जुड़ सकते हैं। पीठक का काम वह टाइप-राइटर कर सकता है जिस पर मशीन के लिए कार्यक्रम छापते हैं, वे विभिन्न पर्दे (स्क्रीन) कर सकते हैं जिन पर आंकिक या ग्राफिक सूचना चित्रित होती है और आदमी प्रकाश-पेंसिल की सहायता से कंप्यूटर के लिए प्रश्न में परिवर्तन या सुधार ला सकता है।

लोग कलनक केंद्र से सैंकड़ों किलोमीटर दूर रह कर भी केंद्र में स्थित कंप्यूटर से विना किसी रोक-टोक के उत्तर पा सकते हैं। कलनक केंद्र की मशीनें भी सोपानिक अधीनता के सिद्धांत पर मिल-जुल कर एक समुच्चय बनाती हैं।

यदि निम्न श्रेणी का कंप्यूटर अपनी क्षिप्रता, अपनी स्मृति और प्रश्न की जटिलता की मात्रा के अनुसार उसे हल कर सकता है, तो स्वयं हल कर लेता है। यदि उसे किसी परामितक (किसी तंत्र की विशेषतावाचक राशि) की कमी पड़ रही है या प्रश्न उसके लिए ज्यादा जटिल है, तो वह प्रश्न को अधिक ऊंची श्रेणी के कंप्यूटर के पास भेज दे सकता है।

अन्तर्राष्ट्रीय सूचना-संसाधन संगठन के चौथे अधिवेशन (एडेनबुर्ग, 1968) में हाल के 15-20 वर्षों में कलनक तंत्रों के विकास की संभावनाओं पर मत व्यक्त किये गये थे। नारा उठाया गया था : चालिकीय पीठक—हर परिवार में !

भविष्य में व्यक्तिगत सूचना पथों का ऐसा जाल बनाया जा सकेगा,

हर घर में चालिकीय पुल्ट होगा !

जिससे उपयोगकर्ता सारी मानवता द्वारा संचित ज्ञान को सरलतापूर्वक प्राप्त कर सकेंगे। इसके लिए हर घर में सूचना-कलनक-केन्द्र से जुड़ा हुआ एक-एक पीठक लगा देना काफी रहेगा। विश्व-कोष के प्रकार की कोई भी सूचना तुरंत प्राप्त हो जाया करेगी।

इस तरह से राज्य की सबसे छोटी इकाई—परिवार—का शैक्षणिक तथा सांस्कृतिक स्तर पूर्णतया सूचना-तंत्रों के उपयोग से सम्बद्ध रहेगा जिनके आधार में दूरस्थ पीठकों वाली एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों का कार्य-सिद्धांत होगा। लगभग हर परिवार में किसी न किसी उम्र का पढ़ने वाला आदमी जरूर होता है। पढ़ाई का काम और भी आसान तथा कारगर हो जायेगा यदि पढ़ने वाला अपनी शंका का समाधान पीठक की सहायता से घर बैठे कर लिया करेगा।

यदि इस तरह के पीठक का किराया टेलीविजन की कीमत से अधिक नहीं होगा, तो हर घर में इसे रखने का विचार कार्यान्वित हो सकता है।

इससे निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि लोगों द्वारा एलेक्ट्रोनी कलनक तकनीक के प्रत्यक्ष उपयोग के क्षेत्र में विकास कितनी दूर तक किया जा सकता है।

मशीन के साथ आदमी का सम्बंध सरल करने के लिए ऐसी दाता व ग्राहक प्रयुक्तियों का विस्तृत रूप से विकास किया जा रहा है, जिनकी सहायता से आदमी मशीन के साथ सूचना का आदान-प्रदान उन रूपों में कर सकता है, जिनका वह आदी है। वर्तमान समय में, पढ़ने वाली विभिन्न स्वचल मशीनें बनायी जा चुकी हैं जो छपे हुए शब्द समझने में समर्थ हैं।

मशीन में सीधा टाइप-राइटर से छपा पाठ आरोपित करने की समस्या हल हो चुकी है। अब सिर्फ आर्थिक कठिनाई रह गयी है : इस तरह की प्रयुक्ति की कीमत इतनी अधिक है कि इसका प्रयोग बड़े पैमाने पर नहीं हो सकता।

मशीन के साथ आदमी का 'संवाद' उस भाषा के विकास से भी संभव है, जिस भाषा में आदमी मशीन को संबोधित करता है।

अभी, उदाहरण के लिए, कंप्यूटर (जैसे 'मीर-1') को जिस भाषा में प्रश्न दिये जाते हैं, वह एक गणितज्ञ की भाषा से सर्वाधिक निकट है जो सरल और उच्च गणित की सहायता से प्रश्न हल किया करता है।

वैज्ञानिक और इंजीनियर कंप्यूटरों की 'बौद्धिक क्षमता' अधिकतम ऊंची करने के लिए प्रयत्नशील हैं; अर्थात वे उनमें थोड़ी-बहुत समझ भी भर देना चाहते हैं ताकि उन्हें छोटी-छोटी बातें न समझानी पड़ें (जैसे, किसी राशि की ज्या ज्ञात करने की संक्रिया मशीन में पहले से भरी होनी चाहिए)।

उक्रइन अकादमी के चालिकी-संस्थान में बनायी गयी मशीन 'मीर-2' इंजीनियरों द्वारा उसमें भरे गये गणितीय ज्ञान के स्तर के अनुसार, उच्च तकनीकी संस्थान के किसी अच्छे छात्र से कम नहीं।

मशीन को बीजगणित, त्रिकोणमिति और गणितीय विश्लेषण के 200 से अधिक सूत्र 'याद' हैं।

नयी मशीन में एक स्क्रीन भी है जिस पर 1 हजार तक चिह्नों वाले सूत्र निगमित किये जा सकते हैं। प्रकाश-पेंसिल द्वारा उनमें सुधार लाये जा सकते हैं, पंक्तियां मिटायी जा सकती हैं, आदि। आदमी का मशीन के साथ काम कुछ दूसरी तरह से संगठित किया गया है। मशीन

इतनी 'समझदार' है कि बहुत सी बातें उसे समझाने की जरूरत ही नहीं पड़ती। वह स्वयं आवश्यक गणितीय संक्रियाएं संपन्न कर लेती है।

तकनीकी आधार सचमुच में विश्वस्त है और वर्ष-प्रति-वर्ष विकसित होता जा रहा है। इसलिए सृजनात्मक (कलात्मक) प्रक्रियाओं के स्वचलकरण का प्रश्न अब उठाया जा सकता है; यह मात्र कल्पना की बात नहीं होगी। प्रथम चरण में कविता, संगीत, आदि, जैसे क्षेत्रों की समस्याएं हल की जाती हैं। प्रथम प्रयत्नों ने अच्छे परिणाम दिये हैं। एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों के लिए बनाये गये कार्यक्रम का 'बौद्धिक स्तर' पर्याप्त ऊंचा था। फिर भी, मशीनी सृजन की तुलना मेधावी कवि, कलाकार, संगीतज्ञ, आदि, की रचनाओं से नहीं की जा सकती।

वर्तमान समय में, सृजनात्मक प्रक्रियाओं के स्वचलकरण से सृजनात्मक समस्याओं का हल आदमी और मशीन मिल कर ढूंढ़ते हैं (एक नया तंत्र कार्यशील हो जाता है: आदमी-मशीन)। ऐसे तंत्र में आदमी की भूमिका प्रमुख होती है। पूरी सत्ता और पूरा उत्तरदायित्व मशीन को सौंपने का प्रश्न ही नहीं उठता। आदमी की अन्तर्दृष्टि, उसके अनुभव—ये उपादान अभी मशीन को प्राप्त नहीं हो सके हैं। लेकिन मशीन कलन-प्रक्रियाओं को जबर्दस्त क्षिप्रता से संपन्न करती है। आधुनिक एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन प्रति सेकेंड दसियों लाख अंकगणितीय संक्रियाएं संपन्न करती है, लेकिन उसमें अंतर्दृष्टि से उत्पन्न होने वाला नमनीय चिंतन नहीं होता। जो बात आदमी सरलतापूर्वक समझ जाता है, वह मशीन के लिए कठिन होती है और इसका उल्टा, मशीन के लिए सरल बात आदमी के लिए कठिन होती है।

यदि, उदाहरण के लिए, प्रेरेखण-कार्य के स्वचलकरण का प्रश्न देखा जाये, तो इसमें प्रेरेखक की भूमिका स्पष्ट है। मान लीजिए कि रहने के घर या किसी यात्री-जहाज का प्रेरेख वनाना है। मशीन जहाज में केविन के लिए जगह या घर में कमरों की पारस्परिक स्थिति, आदमी की तुलना में कहीं अधिक अच्छी तरह से निर्धारित कर सकती है; लेकिन वह कोई मामूली-सी गलती कर जा सकती है (जैसे दरवाजे के खुलने के लिए जगह नहीं है), क्योंकि कार्यक्रम भरते समय इस छोटी-सी वात पर ध्यान नहीं दिया गया था। प्रेरेखक (आदमी) ऐसी गलतियां तुरन्त देख ले सकता है, उनका मूल्यांकन कर सकता है और उन्हें दूर भी कर सकता है।

स्वचलकृत तंत्रों में मशीन के साथ प्रेरेखक (आदमी) के प्रतिप्रेरक संबंध (जवावी संवंध) को भी स्थान दिया जाता है। उदाहरणतया, घर का नक्शा स्क्रीन पर उभरता है, जिसे देख कर प्रेरेखक उसका मूल्यांकन कर सकता है। मान लें कि वह किसी दीवार को 1m दायें खिसकाना आवश्यक समझता है। वह इसकी सूचना मशीन को देता है : प्रकाश-पेंसिल से वह 'गलत' दीवार को काट देता है और तीर द्वारा दिखाता है कि उसे किस ओर, और कितना, खिसकाना चाहिए। उसके सामने तुरंत नया नक्शा उभरता है। प्रेरेखक पुनः मूल्यांकन करता है और मशीन को पुनः सुधार-कार्य के लिए प्रेरित करता है। इस प्रकार, आदमी मशीन को हर समय खोज की दिशा प्रदान करता रहता है। मशीन आदमी को कई-कई पर्याय दिखाती है, लेकिन अन्तिम निर्णय आदमी ही लेता है। दूसरी ओर से, इस प्रकिया में आदमी पर्यायों को देखने में काफी समय लगाता है। अच्छा होता कि स्वचलकृत प्रेरेखक-

मशीन घटिया प्रलेखों को स्वयं छोड़ दिया करे। लेकिन इसके लिए मशीन को कुछ हद तक अंतर्दृष्टि प्रदान करनी होगी।

आदमी के साथ मशीन का वैसा ही संबंध होता है जैसा नेता और अनुयायिओं का। नेता विचार प्रस्तुत करता है और अनुयायी उसे कार्यान्वित करते हैं।

कला और साहित्य के क्षेत्र में एलाक

भाषा और साहित्य के क्षेत्र में प्रक्रियाओं का स्वचलकरण एक महत्वपूर्ण कार्य है।

मान लें कि भाषावैज्ञानिक शेक्सपीयर की कृतियों की भाषागत विशेषताओं का अध्ययन करना चाहते हैं। मशीन में शेक्सपीयर की सारी कृतियां पहले से 'संभरित' हैं, मशीन को वे 'याद' हैं। वैज्ञानिक मशीन से पूछता है : शेक्सपीयर की कृतियों में अमुक क्रिया अमुक अर्थ में कितनी बार प्रयुक्त हुई है ? मशीन बताती है कि वह क्रिया शेक्सपीयर की कृतियों में 277 बार प्रयुक्त हुई है; मशीन पृष्ठ भी निर्दिष्ट करती है, जहां यह क्रिया प्रयुक्त हुई है। वैज्ञानिक शेक्सपीयर की कृतियों की भाषा के बारे में कोई भी परिकल्पना प्रस्तुत कर सकता है, मशीन फौरन उसकी जांच करके बता देती है कि वह सही है या गलत।

निस्संदेह, इससे भाषावैज्ञानिकों का कार्य बहुत जल्द संपन्न होता है क्योंकि अधिक समय और श्रम की खपत वाले काम (शब्दों की आवृत्ति निर्धारित करने जैसे काम), एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन पर छोड़ दिये जाते हैं।

हाल में एक रोचक काम संपन्न किया गया : 'इलियाड' और 'ओडीसी' के रचनाकार अलग-अलग व्यक्ति थे, या कोई एक आदमी था, या ये लोक-रचनाएं थीं—यह निर्धारित करने का काम एलाक को सौंपा गया। उसमें तदनुरूप शब्द भरे गये, उनके प्रयोग की आवृत्तियों का विश्लेषण हुआ, क्योंकि हर रचनाकार शब्दों का प्रयोग अपनी तरह से करता है, हर शब्द की उसकी कृतियों में अपनी आवृत्ति होती है, आदि। पहले 'इलियाड' के प्रथम भाग के मुहावरों का विश्लेषण किया गया, तदुपरांत इसके तथा 'ओडीसी' के अन्य अध्यायों का ऐसा ही विश्लेषण हुआ। तुलनात्मक अध्ययन से ही स्पष्ट हो गया कि दोनों कृतियां एक ही व्यक्ति द्वारा रची गयी थीं।

आदमी-मशीन तंत्र, कला के क्षेत्र में भी कारगर हो सकता है। एडिनबुर्ग के अधिवेशन में इस समस्या पर एक अलग से परिचर्चा संगठित की गयी थी।

उदाहरण के लिए, मशीन का उपयोग कार्टूनी चलचित्र बनाने में किया जाता है। चित्रकार आदमी की कुछेक आकृतियां बना लेता है जिनमें सर का घुमाव अलग-अलग होता है, कुछेक घरों, पेड़ों, आदि, की भी आकृतियां बना लेता है।

मशीन को काम दिया जाता है कि वह चित्र के बायें कोने में दो वृक्ष रख दे, दायें कोने में घर की आकृति लगा दे। पर्दे पर यह दृश्य तुरन्त ही उभर आता है। चित्रकार उसका मूल्यांकन करता है, अपनी पसंद के अनुसार कुछ हेरफेर करता है। इसके बाद मशीन को शुरू और अन्त तक दृश्य दिया जाता है (जैसे शुरू में आदमी वृक्षों के पास है, अन्त में वह घर के दरवाजे के पास होता है)। बीच का (आदमी के दौड़ने

या चलने का) दृश्य मशीन खुद तैयार कर लेती है। इस प्रकार श्रम की उत्पादनशीलता दसियों गुना वढ़ जाती है।

स्थिर चित्र वनाने वाले चित्रकारों के लिए भी यह मशीन सहायक होती है, लेकिन कुछ कम। आदमी की विभिन्न मुद्राओं को प्रस्तुत करके मशीन रेखाकृतियां वनाने में सहायता करती है। चित्रकार सिर्फ उनका मूल्यांकन करता जाता है, क्योंकि वह लोगों से मिलते-जुलते रहने के कारण कलात्मक रुचि के विकास की दिशा को अधिक सूक्ष्मता से महसूस करता है।

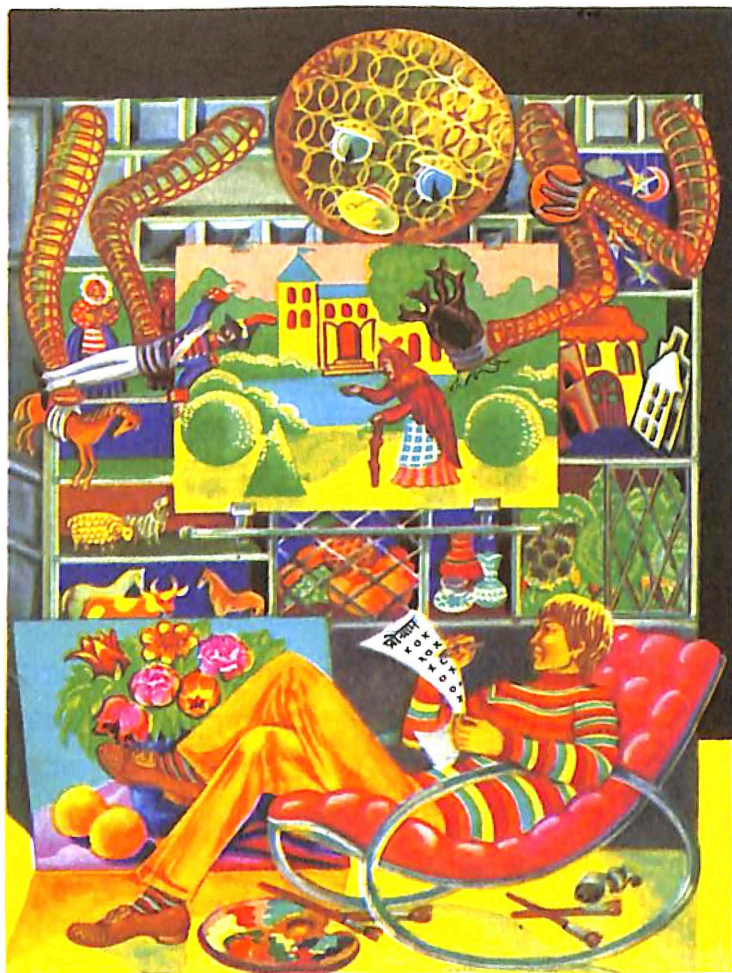
सजावटी कला के लिए 'मशीनी चित्र' अधिक रोचक हो सकते हैं। यदि मशीन को तदनुरूप ढंग से कार्यक्रमित कर दिया जाये, तो वह सजावटी चित्र रचने के लिए रेखाओं, रंगों और उनकी आभाओं के अनेकानेक मेल प्रस्तुत कर सकती है। एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन का सजीव पर्दा, आदमी के किसी भी कलात्मक विचार को प्रतिविम्बित कर सकता है। नयी कलाकृतियों की रचना में प्रमुख भूमिका आदमी की ही रहेगी। वह अपनी प्रतिभा, अपनी पसंद और वास्तविकता की अपनी व्यक्तिगत समझ के अनुसार ही चित्र में सुधार किया करेगा।

कागज, कपड़ा या पेरिस का प्लास्टर ये सव चीजें कलाकृति की विश्वस्त वाहक नहीं हैं, ये कालांतर में या दुर्घटना से खराव हो जा सकती हैं। फ्लोरेंस की वाढ़ ने यह पूरी तरह सिद्ध कर दिया था। लेकिन सुरक्षित से सुरक्षित स्थान भी कला को काल की चपेट से नहीं वचा सकते। यथा, जानकार लोगों का कहना है कि कुइंजी के 'द्नेप्र पर रात' नामक चित्र के रंग धूमिल हो चले हैं। लेकिन आदमी की याद-दाश्त का भी कोई विश्वास किया जा सकता है? और चित्र की नकल

उतारते वक्त हर चित्रकार उसमें अपनी ओर से भी कुछ न कुछ जोड़ दिया करता है। लेकिन अब वह समय आ गया है, जब किसी भी चित्र का सूचनात्मक प्रतिरूप, उसका मानदंड तैयार करना कोई कठिन कार्य नहीं रह गया है। इसके लिए, चित्र को टेलीविजन के पर्दे पर अंकित चित्र की तरह बिन्दु सदृश अनेक वर्गों में विभक्त करके, मशीन की स्मृति में रंगों का क्रम लाइन-ब-लाइन कोडित करना पड़ेगा। इसके बाद चित्र को हजारों वर्ष बाद भी बिल्कुल आरम्भिक रूप में प्राप्त किया जा सकेगा।

संगीत-कला के क्षेत्र में भी, एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन तकनीकी कार्य अपने ऊपर ले सकती है। वर्तमान समय में एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन के लिए मुख्यत: दो तरह के कार्यक्रम हैं: संगीत-रचना के सभी ज्ञात नियमों के अनुसार संगीत की रचना करना, और किसी खास संगीतकार की शैली के अनुसार उसके द्वारा पहले रची धुनों की नकल करना। उदाहरणार्थ, श्त्राउस की रचनाओं के अनुरूप धुनें रची जाती हैं, जिन्हें श्त्राउस ने नहीं रचा था।

ऐसे प्रयोग भी किये गये थे: संगीतज्ञ-आलोचकों के सामने किसी संगीतकार की धुनें सुनायी गयीं, फिर एलेक्ट्रोनी मशीन द्वारा उस संगीत-कार की धुनों की नकल सुनायी गयी।

संगीत-विशेषज्ञ पूरे विश्वास के साथ नहीं कह सके कि इस तरह की धुन उक्त संगीतकार की ही है या नहीं। मशीन ने संगीतकार की सभी विशेषताओं को बहुत खूबी के साथ ध्यान में रखा। आर्केस्ट्रा के लिए धुनें लिखने में, मशीन संगीतकार की विशेष सहायता कर सकती है। आर्केस्ट्रा के नियम कठोर होते हैं और मशीन उनका सरलतापूर्वक

कला के क्षेत्र में भी कुछ प्रक्रियाएं स्वचलकृत हो सकती हैं—इससे कलाकार सृजन-कार्यं के लिए समय वचा सकता है ।

पालन कर सकती है।

सूचना-संसाधन के अन्तर्राष्ट्रीय संगठन के 1968 वाले अधिवेशन में संगीतज्ञों और संगीत-आलोचकों के काम का एक निवंध, संगीतशास्त्र में एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन के उपयोग के वारे में भी था। आजकल कार्यक्रमक गणितज्ञों और संगीतज्ञों के सहयोग से, संगीत का मशीनी लेखागार वन चुका है। मान लें कि संगीतज्ञ स्पेन के सोलहवीं शती के संगीत का इतिहास लिख रहा है, उसकी विशेषताओं, धाराओं का अध्ययन कर रहा है। अपने निष्कर्षों को वह तभी सही मान सकेगा, जव वह मशीनी लेखागार की विराट स्मृति का उपयोग करेगा, उससे सकारात्मक उत्तर प्राप्त करेगा कि उसके निष्कर्ष सही हैं, सोलहवीं शती की संगीत-कला के अनुरूप हैं।

कविता के क्षेत्र में मशीन आदमी को हर तरह की तुकवंदियों के मेल दिखा सकती है और उसके सृजनात्मक कार्य को सरल वना सकती है।

निस्संदेह, जव कलात्मक सृजन के स्वचलकरण की वात चलती है तो आदमी की प्रतिभा, उसकी सृजनात्मक संभावनाओं को ही प्रधानता दी जाती है। प्रतिभाहीन व्यक्ति, जो कला या विज्ञान में अनायास ही उतर पड़ा है, एलेक्ट्रोनी मशीनों की सहायता से भी कोई वहुमूल्य रचना नहीं दे सकता।

एक सवाल उठ सकता है कि यदि स्वचलकृत तंत्र इतने लाभदायक और सुविधाजनक हैं, तो कला और साहित्य की सृजनात्मक प्रक्रियाओं को तीव्र करने के लिए इनका उपयोग 'वड़े पैमाने' पर कव शुरू किया जा सकता है?

यह प्रश्न एक महत्वपूर्ण समस्या के हल के साथ जुड़ा है : पहले तो ऐसे स्वचलकृत तंत्रों के व्यावहारिक लाभ पर ध्यान देना होगा, क्योंकि इनकी कीमत अभी ही बहुत ऊंची है। और, आज की अर्थ-व्यवस्था में यह कोई कम महत्वपूर्ण घटक नहीं है।

स्वचलकृत तंत्रों की आवश्यकता सबसे पहले अर्थ-व्यवस्था को है— उत्पादन-प्रक्रियाओं के विरचन और संचालन के क्षेत्र में। इन क्षेत्रों में स्वचलकृत तंत्रों की सहायता के बिना तकनीकी प्रगति की उच्च दर की कोई कल्पना तक नहीं की जा सकती। इसीलिए सबसे पहले आर्थिक क्षेत्र में ही ऐसे तंत्रों के उपयोग के लिए साधनों को खर्च किया जायेगा। और, कोई शक नहीं कि इससे परिणाम अच्छे निकलेंगे।

चालिकी और शिक्षा

चालिकी का सम्बंध शिक्षा से भी है।

एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनें शिक्षक की भी सहायता कर सकती हैं। व्यक्तिगत पाठ और अलग-अलग विद्यार्थियों के ज्ञान की जांच से लेकर पूरी जनशिक्षा-प्रणाली के नियोजन तथा संचालन तक शिक्षा के हर स्तर पर इनका उपयोग किया जा सकता है।

शिक्षण-प्रक्रिया में एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों को अपनाने से शिक्षक और शिक्षार्थी के श्रम की उपादेयता बढ़ती है, पाठ और उसकी प्रस्तुति में विद्यार्थी की आत्मनिर्भरता और सृजनात्मक क्षमता के पूर्ण विकास की सम्भावनाएं उपलब्ध होती हैं। आवश्यक सूचनाएं भी शीघ्र प्राप्त होती हैं। शिक्षा में काम आने वाली प्रयुक्तियों के अनेक प्रकार बताये जा सकते हैं—सरलतम से लेकर जटिल एलेक्ट्रोनी आंकिक कलनक मशीनों तक। हमारे देश के कुछ उच्च शिक्षा-संस्थानों में स्वचलकृत कक्षाओं का आयोजन है : प्राध्यापक और हर विद्यार्थी के सामने बटनों से लैस एक-एक पटिया (पीठक) होती है। इनकी सहायता से हर विद्यार्थी के साथ दुतरफा संपर्क रहता है।

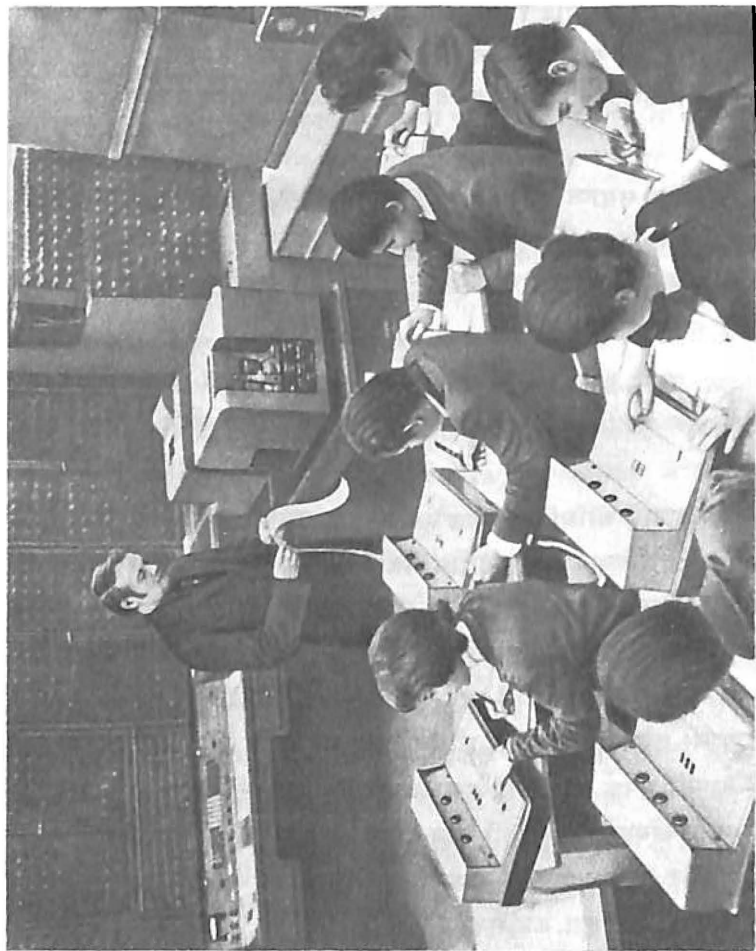
पाठ्य-सामग्री थोड़े-थोड़े अंशों ('कदमों') में दी जाती है। हर 'कदम' या कुछेक 'कदमों' के बाद (यह शिक्षक पर निर्भर करता है), इस बात की जांच होती है कि छात्रों ने सामग्री को कहां तक आत्मसात किया है। इसके लिए विद्यार्थी को छोटे-छोटे प्रश्न दिये जाते हैं। वह अपने उत्तर पटिया पर लगे बटनों की सहायता से मशीन में समाविष्ट कराता है। उत्तर सही होने पर उसे सामग्री का अगला अंश दिया जाता है। यदि उत्तर सही नहीं है, तो मशीन उसे गलती और उसका कारण

बताती है; आवश्यक सलाह भी देती है। डेस्क पर एक बटन 'सहायता' कहलाता है। यदि विद्यार्थी मशीन के प्रश्न का उत्तर देने में असमर्थ होता है, तो वह इस बटन को दबाता है। इससे मशीन उसे कुछ अतिरिक्त सूचनाएं प्रदान करती है, या मार्ग-प्रदर्शक प्रश्न पूछना शुरू करती है।

पाठ समाप्त होने पर मशीन विद्यार्थी के ज्ञान का मूल्यांकन करती है। अंक विद्यार्थी के कार्य की कोटि का संकेत देता है, उसमें मशीन के साथ काम करने की रुचि उत्पन्न करता है। इसीलिए अंक वापसी संपर्क के संकेत हैं।

पढ़ाई की पूरी प्रक्रिया मशीन में अभिलिखित होती है, जिससे शिक्षक भी विद्यार्थी की सफलताओं का मूल्यांकन करने में समर्थ होता है।

पढ़ाई की प्रक्रिया किस हद तक स्वचलकृत होनी चाहिए ? सबसे पहले तो शिक्षक का दसियों (और आगे चल कर सैकड़ों) विद्यार्थियों के साथ कारगर दुतरफा संपर्क होना चाहिए। इसमें एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन सहायक हो सकती है। पठन-पाठन में प्रयुक्त अन्य तकनीकी साधनों (सिनेमा, टेलीविजन, टेप-रिकार्डर, आदि) की तुलना में पढ़ाने वाली एलेक्ट्रोनी मशीनों की विशेषता यह है कि इनमें विद्यार्थी के साथ वापसी संपर्क भी बनाये रखा जाता है। वापसी संपर्क वाली सरलतम चालिकीय मशीनों से भी पठन-पाठन की कारगरता बहुत ऊंची हो जाती है और शिक्षक एक ही साथ अलग-अलग विद्यार्थियों की, और पूरी कक्षा की भी, देखभाल कर सकता है।

यह सही है कि शिक्षण-कार्य की सभी छोटी-बड़ी बातों को और

विद्यार्थी-शिक्षक संबंध की सभी आभाओं को मशीन में कार्यक्रमित नहीं किया जा सकता। इसलिए यहां यह याद दिलाना अच्छा रहेगा कि शिक्षक और पढ़ाने वाली मशीन के बीच काम का सही-सही बंटवारा होना चाहिए। मशीन शिक्षक को तकनीकी कामों से मुक्त करती है, शिक्षक को कापियां देखना, आदि, जैसे काम नहीं करने पड़ते। शिक्षक का काम वैज्ञानिक तथा सृजनात्मक रह जाता है।

शिक्षण-प्रक्रिया में एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों के विस्तृत उपयोग से शिक्षक की भूमिका कम नहीं होती, सिर्फ उसकी प्रकृति बदलती है क्योंकि शिक्षक के सभी कार्यों में से मुख्य भार पढ़ाने के काम पर नहीं, उसके लिए तैयारी करने के काम पर पड़ता है।

सामूहिक पढ़ाई की परिस्थितियों में एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनें हर विद्यार्थी की व्यक्तिगत विशेषताओं पर ध्यान देने में सहायक होंगी। इसमें प्रमुख बात यह है कि पढ़ाई को सचमुच में व्यक्तिगत स्तर तक उतारने के लिए हर विद्यार्थी की सभी विशेषताओं के बारे में पूरी जानकारी होनी चाहिए। ये विशेषताएं हैं—चिंतन, ध्यान, स्मरण की शक्ति, किस विधि से पाठ्य-सामग्री जल्दी आत्मसात होती है, आदि। इनसे संबंधित आंकड़े और पूरे सत्र के दौरान इनमें होने वाले परिवर्तन एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनें सिर्फ अपनी याद में सुरक्षित ही नहीं रखेंगी, उनका व्यावहारिक उपयोग भी करेंगी—पढ़ाई के हर घंटे में पाठ्य-क्रम के गठन में। इस प्रकार, पढ़ाई की प्रक्रिया में हर विद्यार्थी की विशेषताओं को सिर्फ ध्यान में ही नहीं रखा जायेगा, उनका सर्वतोमुखी विकास भी संभव हो सकेगा। हर विद्यार्थी की बौद्धिक परिपक्वता महत्तम रूप से उद्देश्यपूर्ण हो जायेगी, जिसके कारण हर विद्यार्थी अपनी

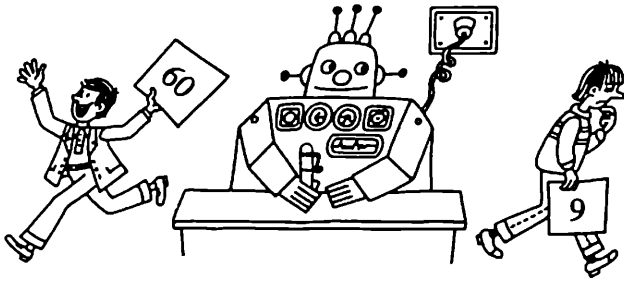
अंक
मदद
y=f(x)
पाठ 3
पाठ 1
पाठ 2

क्षमता को गहराई के साथ महसूस कर सकेगा और अपने लिए दिलचस्प उद्यम चुन सकेगा।

एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों के विस्तृत उपयोग से, फेल होकर एक कक्षा में दो साल पढ़ने की समस्या दूर हो जायेगी। कारण यह है कि विषय का कोई भी अनुच्छेद अनजाना नहीं रह सकता है: जब तक उसका अच्छी तरह ज्ञान नहीं हो जाता, अगले अनुच्छेद की सामग्री विद्यार्थी को दी ही नहीं जायेगी। पर यहां भी इस बात पर ध्यान देना जरूरी है कि मशीन शिक्षक के शैक्षणिक दृष्टिकोण के अधीन ही काम करेगी, उस पर हावी नहीं होगी। मशीन संकेत देती है कि अमुक विद्यार्थी को सहायता की आवश्यकता है, जिससे सहायता ठीक समय पर मिल पाती है।

कार्यक्रमित पाठ्य-पुस्तकों का विस्तृत उपयोग होने लगेगा। ऐसी पाठ्य-पुस्तकों के गुण हमारी परिचित पाठ्य-पुस्तकों में भी देखने को मिल सकते हैं; इनमें हर पाठ के बाद अभ्यास और जांच के लिए प्रश्न दिये रहते हैं।

इसके अतिरिक्त, परंपरागत पाठ्य-पुस्तकों में अभी से ही बेमशीनी कार्यक्रमन के अनुभव का उपयोग शुरू हो गया है। पाठ्य-पुस्तकों में कार्यक्रमित अनुच्छेद लिखे जाने लगे हैं। ये सीखने और सक्रियता के साथ पाठ पूरा करने में सहायता पहुंचाते हैं, जिससे सामग्री इतनी अच्छी तरह से आत्मसात हो जाती है कि गृह-कार्य देने की आवश्यकता ही नहीं रह जाती। कार्यक्रमित पाठ्य-पुस्तकें शिक्षक और शिक्षार्थी दोनों की सहायता के लिए दी जा सकती हैं। इनमें इनके उपयोग का विस्तृत और ठीक-ठीक विवरण दिया जाना चाहिए। कार्यक्रमित पाठ्य-

पुस्तक में जांच के लिए दिये गये प्रश्नों के हल में विद्यार्थियों द्वारा की जाने वाली सभी लंछक गलतियों पर ध्यान दिया जाता है। साथ ही, इस बात के निर्देश भी दिये जाते हैं कि प्रश्न हल करने के लिए किन अनुच्छेदों का ज्ञान आवश्यक है और कौन से अभ्यास पूरे किये जाने चाहिए। ऐसी पाठ्य-पुस्तक में ज्ञान का मूल्यांकन करने की विधि भी ठीक-ठीक दी जाती है, जिससे यह पता लगता है कि किस स्थिति में अंक स्वयं ही कितना कम हो जाता है। परंपरागत और कार्यक्रमित अध्यापन-कार्यों के तुलनात्मक अध्ययन के लिए प्रयोग भी किये गये हैं। परिणामों ने दिखाया है कि कार्यक्रमित पठन-पाठन वाली कक्षा का ज्ञान अधिक गहन और टिकाऊ है, वनिस्वत कि परंपरागत कक्षा के।

एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन परीक्षा की प्रकृति में भी परिवर्तन लाती है। उच्च शिक्षा-संस्थान में प्रवेश हेतु परीक्षा देने वालों को लगता है कि उनका भाग्य वहुत कुछ संयोग पर भी निर्भर करता है। दूसरी ओर से, कोई भी परीक्षक परीक्षा के दरम्यान छोटी-सी वातचीत से पूरी गारंटी के साथ यह स्पष्ट नहीं कर सकता कि प्रवेशार्थी इस

विषय के लायक है भी या नहीं, इसका अच्छा विशेषज्ञ बनेगा भी या नहीं ।

उच्च शिक्षा-संस्थान के प्रवेशार्थी का वस्तुगत मूल्यांकन एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन की सहायता से संभव है, जिसकी याददाश्त में प्रवेशार्थी के स्कूली जीवन का विवरण, उसके ज्ञान, उसकी क्षमताओं और व्यक्तिगत विशेषताओं का विवरण मौजूद रहता है । इस प्रकार, परीक्षकों के आत्मगत मूल्यांकन से प्रतियोगिता पूर्णतया मुक्त रहेगी और उच्च शिक्षा-संस्थान में वे ही प्रवेश पायेंगे जो स्कूल खत्म करने वालों में सबसे अधिक योग्य होंगे ।

एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनें स्वयं शिक्षाशास्त्र के विकास में भी सहायक होती हैं । इनका उपयोग मनोवैज्ञानिक तथा शैक्षणिक प्रयोगों से प्राप्त आंकड़ों के चयन तथा स्वचल संसाधन में होता है । जहां तक कार्यक्रमित अध्यापन का प्रश्न है, तो कई प्रकार के एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों के आधार पर बनाये गये शक्तिशाली कलनक संकुलों के उपयोग से पढ़ाई के कार्यक्रम और पाठ्यक्रम विकसित किये जा सकते हैं । शुद्ध विज्ञानों (अलजेबरा, भौतिकी, आदि) तथा विदेशी भाषाओं के अध्ययन के लिए कार्यक्रमित पाठ्य-पुस्तकें अधिक कारगर सिद्ध हुई हैं । एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन के उपयोग के बिना भी कार्यक्रमित पाठ्य-पुस्तक विद्यार्थी के स्वाध्याय संबंधी सभी प्रकार के कार्यों में लाभदायक होती है, जो घर बैठे शिक्षा का एक महत्वपूर्ण अंग है ।

कार्यक्रमित पाठ्य-पुस्तकों की कोटि ऊंची होनी चाहिए, क्योंकि अध्यापी मशीनों का कार्य इन्हीं पर निर्भर करता है, उनमें इन्हीं का भरण होता है । इसीलिए कार्यक्रमित पाठ्य-पुस्तक रचने वाले को

विषय का गहन ज्ञान होना चाहिए. उसे शैक्षणिक कला में निपुण होना चाहिए, तथा उसे विद्यार्थियों के साथ व्यावहारिक कार्य का अनुभव होना चाहिए। ऐसी पाठ्य-पुस्तकों की रचना और साथ ही अध्यापी मशीनों के निर्माण का लागत-खर्च शिक्षा के क्षेत्र में एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों के विस्तृत उपयोग से जल्द ही वापस हो जाता है, क्योंकि आगे के अध्यापन-कार्य में इतने ढेर सारे लोगों की आवश्यकता नहीं रह जाती, जितनी अभी होती है; इसके अतिरिक्त, शिक्षा की विधियों का वैज्ञानिक स्तर भी बहुत ऊंचा हो जाता है।

एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन के आधार पर जनशिक्षा-संचालन का नया तंत्र रचने और अध्यापन-क्रिया को स्वचल बनाने के लिए चालिकी के कई क्षेत्रों में अभी जटिल वैज्ञानिक कार्य करने हैं।

एलाक की क्षमता

चालिकी अपने तकनीकी आधार को निरंतर विकसित करती रहती है। कम अविश्वसनीय बल्वों वाली बड़ी-बड़ी मशीनों की जगह अर्ध-चालक और चुंबकीय बैटरियां प्रयुक्त होने लगी हैं। आधुनिक भौतिकी की उपलब्धियों की सहायता से बहुत नन्हे पुर्जों का प्रयोग भी संभव है, जिनमें पतली झिल्लियों, ठोस आरेखों, आदि, का उपयोग होता है। चौथी संतति की मशीनें तथाकथित वृहत समेकी आरेखों के अनुसार बनायी जायेंगी। ऐसे आरेख के एक घन सेन्टीमीटर का आयतन, प्रथम संतति की मशीन के पूरी आलमारी जैसे ब्लौक के समतुल्य होगा। मशीनें बहुत विश्वस्त, छोटी, अपेक्षाकृत सस्ती और उपयोग में सरल हो जायेंगी। एलाक के तकनीकी आधार के विकास से उसके तार्किक

संगठन में मौलिक परिवर्तन आ गये हैं। मशीन शक्तिशाली सूचना-प्रवाह को ग्रहण करती है और द्रुत गति से उसका संसाधन करती है, जिससे हजारों वर्ष के मानवीय श्रम की बचत होती है। मशीन के साथ बहुकार्यक्रमन का कार्य व्यवहार में आने लगा है; इससे मशीन एक ही साथ कई प्रश्न हल करने में समर्थ होती है, जिससे उपस्कर पूरे-पूरे इस्तेमाल में आ जाते हैं। मशीन की तार्किक संरचना निरंतर विकसित होती रहती है; उसकी क्षिप्रता, उसकी याद के आयतन में वृद्धि होती रहती है। नयी मशीनें बनाने की विधियां भी विकसित की जा रही हैं, जो सिर्फ फलन (कार्यों) का ही अनुकरण नहीं करेंगी, बल्कि मानव-मस्तिष्क के कुछ तत्वों की भी नकल कर सकेंगी।

कलनक मशीनों की सैद्धांतिक तथा व्यावहारिक क्षमताओं का प्रश्न भी उठता है।

मशीन की क्षमता का ज्ञान विश्व की एकमात्र बौद्धिक शक्ति—मानव-मस्तिष्क—के साथ उसकी तुलना के द्वारा ही होता है।

अक्सर पूछते हैं—मशीन सोचती है या नहीं, कहीं वह आदमी से अधिक 'समझदार' हो सकती है? स्पष्ट है कि चिंतन-प्रक्रिया के स्वचलकरण के लिए मशीन बनाने का कोई तुक नहीं रह जाता—यदि वह ऐसा ही काम आदमी की तुलना में कहीं धीमी गति मे सम्पन्न करती है।

प्रश्न को कुछ दूसरी तरह से रखते हैं: प्रमेय सिद्ध करते वक्त विद्यार्थी सोचता है या नहीं? यदि हां, तो मशीन को चिंतनशील क्यों नहीं माना जाये, जो यही काम आदमी की तुलना में सैकड़ों गुना जल्दी पूरा करती है? अमरीकी गणितज्ञ खाओ वांग की सूचना के अनुसार एक कलनक मशीन 'आई.बी.एम.-704' ने गणित पर मौलिक कृति के

220 आरंभिक प्रमेय तीन मिनटों में सिद्ध कर दिये और अगले 8.5 मिनटों में उसी कृति के 130 अधिक जटिल प्रमेय सिद्ध कर दिये। पर यहां नये तथ्य की खोज नहीं हुई है। वर्ग-समीकरण हल करने की सार्विक विधि आज स्कूल का बच्चा भी जानता है, पर मानव-जाति को इसे ज्ञात करने में कुछेक शताब्दियां लगी थीं। आधुनिक एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन यह काम कुछेक मिनटों में संपन्न कर सकती है। इसके लिए जरूरी है कि उसे अपनी प्राथमिक गणितीय संक्रियाओं के विभिन्न क्रमों का परीक्षण करने, उत्तर को प्रदत्त समीकरण में रख कर हल की शुद्धता की स्वचल रूप से जांच करने और सही उत्तर देने वाले संक्रिया-क्रम को अभिलिखित करने के लिए विवश करना होगा।

लगता है कि मशीन सिर्फ पर्यायों का परीक्षण करती है। पर वास्तविकता यह है कि वह प्रश्न हल करने के लिए अपने को कार्य-क्रमित करती है। कोई भी अन्वीक्षक यही तरीका अपनाता है—वह एक हल को गलत सिद्ध करके दूसरा हल ढूंढ़ता है। इसमें वर्ष पर वर्ष वीत जा सकते हैं। ऐसी भी समस्याएं हैं जिनके हल की तैयारी में सैकड़ों वर्षों की आवश्यकता है। ऐसी स्थिति में एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों के विना काम नहीं चल सकता। विज्ञान में गुणात्मक रूप से एक नयी एकता उत्पन्न होती है—'आदमी और कलनक मशीन'।

सिद्धान्तकार वैज्ञानिक की समस्या की तुलना पिरामिड से की जा सकती है जिसके शीर्ष पर लक्ष्य—प्रमेय, वैज्ञानिक सिद्धांत, आदि—होता है। पिरामिड का आधार आरंभिक अवधारणाएं हैं, जिनके सहारे सिद्धांत की रचना होती है। पिरामिड की ऊंचाई तार्किक वनावटों को लंछित करती है, जो आरम्भिक घटकों से अंत्य परिणामों तक पहुंचाती

आदमी की दुनिया रंगीन है, भांति-भांति की अनुभूतियों का स्रोत है। मशीन कुछ भी अनुभव नहीं करती, अंधेरे में जीती है, सिर्फ संख्याएं सुनती और देखती है।

हैं। आज या कल ऐसा क्षण आयेगा ही, जब ऐसे पिरामिड का आयतन इतना बढ़ जायेगा कि समस्या का हल 'निहत्थे' आदमी के वश की वात नहीं रह जायेगी। उसे स्वचल सहायकों की आवश्यकता पड़ेगी।

एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन के कार्य की शीघ्रता कभी-कभी यह भ्रम उत्पन्न करती है कि सभी समस्याएं खेल की तरह—पर्यायों के परीक्षण से—हल हो सकती हैं। अनेक आर्थिक प्रश्न क्रीड़ा-सिद्धान्त से ही सम्बंधित हैं। यथा, एलेक्ट्रोनी कलनक मशीन मछलियों की प्रवास-यात्रा के सभी सम्भव पथों का विश्लेषण करके मछुवों को 'सलाह' दे सकती है कि किन क्षेत्रों में कितने समय तक शिकार श्रेष्ठ रहेगा। इस काम में मशीन 'मछली—प्रकृति—आदमी' के खेल के गणितीय प्रतिरूप का अवलंबन लेती है। इसकी साम्यता वहुत कुछ शतरंज के खेल से है। पर मशीन 'आंख बंद कर' सिर्फ पर्यायों का परीक्षण ही नहीं करती जाती—इस काम में चालिकीय मशीन को भी 10^{247} वर्ष लगेंगे। इसका मतलब है कि मशीन में मर्यादाओं का भी भरण करना होगा, जिनके आधार पर मशीन वेकार के अनेक पर्यायों को यूं ही छोड़ देगी। ये मर्यादाएं ऐसे नियम हैं, जिनका उपयोग आदमी खुद करता है। मशीन को परिस्थिति के अनुसार आकृति का मूल्यांकन करना सिखाना होगा, अर्थात उसे औपचारिक कार्य करना ही नहीं, विना सभी पर्यायों का परीक्षण किये प्रदत्त परिस्थितियों में 'दिमागी' विधि से रास्ता निकालना भी सिखाना होगा।

---

* यहां 'सूचना' शब्द अपने व्यापक अर्थ में प्रयुक्त हुआ है। विश्व की हर वस्तु सभी अन्य वस्तुओं पर अभिक्रिया करती रहती है, उन पर अपना प्रभाव डालती रहती है। इस अभिक्रिया का, इस प्रभाव का, चिह्न रह जाता है। वह चिह्न ही सूचना का अंतर्य होता है, जो उक्त अभिक्रिया को उद्घाटित करता है, उसे प्रतिबिम्बित करता रहता है। सूचना का रूप (बाह्य, स्थूल रूप) संकेत कहलाता है।—अनु.

आदमी की दुनिया सूचनाओं से भरी है* । ये सूचनाएं किताबों के पन्नों पर हैं, आदमी द्वारा कही गयी बातों में हैं, चांद की सतह की बनावट में हैं, पत्तियों के हरे रंग में हैं, समुद्री ज्वार और भाटा में हैं, पवन की दिशा और शक्ति में हैं । वे वस्तुगत रूप में उपस्थित रहती हैं—तब भी जब हम उनके बारे में सोचते तक नहीं ।

आदमी की ज्ञानेंद्रियां—आंखें, कान, त्वचा, आदि—सूचनाओं के सागर के लिए एक तरह से खुले हुए दरवाजे हैं । कलनक मशीन दुनिया के साथ सिर्फ अंकों और वर्णों के रूप में सूचनाओं का आदान-प्रदान करती है । वैसे, अब ऐसी एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनें भी बन चुकी हैं, जिनमें कोई भी अनियमित आकृति बोध करने की क्षमता होती है ।

इस बात पर ध्यान देना आवश्यक है कि सूचना जिन मार्गों से विश्लेषक-प्रयुक्ति में पहुंचती है, चाहे वह मानव-मस्तिष्क हो या कोई विशेष कृत्रिम उपकरण, वे भी महत्वपूर्ण हैं; पर उनका महत्व निर्णायक नहीं है । दृष्टिहीन या बधिर व्यक्ति भी इन कमियों की क्षतिपूर्ति, अन्य ज्ञानेंद्रियों की सहायता से, कर लेता है । मशीन के उपयोग में आगत सूचना का रूप इतना महत्वपूर्ण नहीं है, जितना उसका अंतर्य और आयतन है ।

सूचना का रूपांतरण

चालिकी में एक महत्वपूर्ण अवधारणा है—सूचना का रूपांतरक । यह ऐसा तंत्र है, जो परिवेश से सूचना ग्रहण करता है और उसे रूपांतरित करके इस परिवेश पर अभिक्रिया करने के लिए उसे वापस कर देता है ।

अभी मशीन को दृष्टि, वाक् और श्रवण की 'इंद्रियां' प्रदान करने पर प्रयोग चल रहे हैं। उदाहरणार्थ, वैज्ञानिकों द्वारा बनायी गयी पढ़ाकू स्वचल मशीनें भिन्न-भिन्न आकार की छपाई के लिए अनुकूलित की जा सकती हैं; ये एक सेकेंड में 200 अक्षर या अंक पढ़ सकती हैं, अर्थात ये आदमी से 20 गुना अधिक तेजी से पढ़ सकती हैं। यह कोई अंतिम सीमा नहीं है।

आदमी लगातार हर समय सूचनाओं का विश्लेषण करने में नहीं लगा रह सकता है। पर ऐसे अनेक क्षेत्र हैं, जैसे ब्रह्मांड के सुदूर कोनों से हम तक आते रहने वाले रेडियो-संकेत, जहां सूचनाओं का अविराम विश्लेषण अत्यावश्यक होता है।

भविष्य में वैज्ञानिक तथा इंजीनियर एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों को सीधे किताबों से या परिवेश से सूचनाएं एकत्र करना, उनका विश्लेषण करना तथा उन्हें संसाधित करना सिखाने में समर्थ होंगे। कलनक मशीन में अनेक मापी रूपांतरक* लगाये जा सकते हैं, जिससे वह एक साथ उन सैकड़ों घटकों पर भी ध्यान दे सकेगी जिनका सामान्यतया हमें बोध नहीं हो पाता। ऐसी मशीन हमारे ग्रह की मौसमी परिस्थितियों में परिवर्तन जैसी जटिल प्रक्रियाओं का भी विश्लेषण करने में समर्थ होगी।

जाहिर है कि मानव-मस्तिष्क आधुनिक कलनक मशीनों से कहीं अधिक उत्कृष्ट है। उसकी विश्वसनीयता बहुत ऊंची है, मस्तिष्क के वल्कुत का एक ही अंश एक साथ कई विभिन्न प्रकार्य कर सकता है।

---

* मापाधीन भौतिक राशि (जैसे दाब, स्थानांतरण, वोल्टता, तापक्रम, आदि) को प्रेषण, संग्रह और संसाधन के लायक किसी सुविधाजनक संकेत (अक्सर वैद्युत संकेत) में रूपांतरित करने वाला कोई मापक उपकरण।—अनु.

इसीलिए कलनक तकनीक के विकास की एक मुख्य दिशा है—अवधारणा के उस रूप और सूचना-संसाधन की उन विधियों का उपयोग करना, जो हमारे मस्तिष्क में प्रयुक्त होती हैं।

लेकिन वे लोग भी सही नहीं हैं, जो प्रकृति को तकनीक के लिए अलभ्य सीमा मान कर हर बात में उसकी नकल उतारने को कहते है। बहुत-सी चीजों की 'कल्पना' प्रकृति भी नहीं कर पायी। उदाहरण के लिए, प्रकृति में चक्का नहीं है। मस्तिष्क की बनावट की प्रशंसा करने के साथ-साथ उसके प्रति आलोचनात्मक दृष्टिकोण भी रखना चाहिए, कलनक मशीन बनाने में उसकी नकल नहीं उतारनी चाहिए। यह मान्यता भी शायद ही सही है कि भविष्य की कलनक मशीनें सिर्फ जीवरूप में होंगी। एक और विचार है—स्वसंगठन* की साहसपूर्ण धारणा का सैद्धांतिक विरोध करना। इसे भी ज्यादती ही मानना चाहिए। लेकिन मस्तिष्क जैसी मशीन बनाने में अनेक तकनीकी कठिनाइयां हैं।

एलेक्ट्रोनी कलनक मशीनों की क्षमता का अध्ययन करते समय वैज्ञानिकों ने एक आश्चर्यजनक परिणाम प्राप्त किया। पता चला कि सूचना की दृष्टि से मानव-चिंतन का कोई भी रूप कृत्रिम चालिकीय तंत्रों में प्रतिरूपित किया जा सकता है। यही नहीं, यह आज की व्यापक आंकिक मशीनों में भी संभव है। लेकिन इनकी स्मरंक प्रयुक्तियों का आयतन बहुत ज्यादा नहीं है। टेप पर अभिलिखित करके बाह्य स्मरंक प्रयुक्ति द्वारा यह आयतन बढ़ाया जा सकता है, पर इससे मशीन की

---

* स्वसंगठनकारी तंत्र नयी परिस्थितियों के अनुसार अपने को अनुकूलित करने की प्रक्रिया में अपनी संरचना स्वयं परिवर्तित करते रहते हैं; इनका यह कार्य स्व-संगठन कहलाता है।—अनु.

क्षिप्रता में कमी आ जायेगी। लेकिन यह तकनीकी समस्या है।

मशीन में जीवन के विकास की प्रमुख नियमसंगतियों का—जैसे आनुवांशिकता, उत्परिवर्तन, नैसर्गिक चयन, तथा साथ ही जीवन की उत्पत्ति के समय से पृथ्वी पर होने वाली भौतिक प्रक्रियाओं के बारे में सूचनाओं का—भरण किया जा सकता है। मशीन को विकास के सभी चरणों से गुजारा जा सकता है—प्राथमिक प्रोटोप्लाज्म से लेकर मानव-मस्तिष्क तक (जाहिर है कि सिर्फ सूचना-संसाधन की दृष्टि से)। यह काम मंगल, शुक्र, आदि, किसी भी ग्रह के लिए किया जा सकता है। लेकिन यह तभी कार्यान्वित किया जा सकता है, जब लोग जीवविज्ञान, भौतिकी तथा अन्य विज्ञानों को अधिक गहराई से जानने लगेंगे।

नवीनतम चालिकीय तंत्रों तथा प्रयुक्तियों के आधार पर मनुष्य के विभिन्न बौद्धिक प्रकार्यों के स्वचलकरण का तेजी से विकास हो रहा है। यह स्वचलकरण निरंतर नये-नये क्षेत्रों पर छाता जा रहा है, इसकी क्षमता असीम है।

चालिकी मानव-समाज की भौतिक, मानसिक तथा बौद्धिक शक्तियों के विकास का आधार है।

विक्तोर मिखाइलोविच ग्लुश्कोव विख्यात सोवियत गणितज्ञ हैं, 1964 ई. से अकादमीशियन हैं, उक्रइन विज्ञान अकादमी के उपाध्यक्ष हैं, 'समाजवादी श्रम-वीर' की उपाधि से सम्मानित हैं। इनका जन्म 1923 में हुआ था। 1948 में रोस्तोव विश्वविद्यालय में अध्ययन समाप्त किया। सन 1956 से उक्रइन विज्ञान अकादमी में काम करने लगे, 1962 में उक्रइन विज्ञान अकादमी के तहत उनके द्वारा संगठित चालिकी-संस्थान के निर्देशक बने।

वि. ग्लुश्कोव चालिकी की सैद्धांतिक व व्यावहारिक समस्याओं का अध्ययन करते रहे हैं। आंकिक स्वचलों के सिद्धांत, एलेक्ट्रोनी कलनकों के प्ररेखन, अर्थव्यवस्था और उत्पादन-प्रक्रियाओं के संचालन में कलनक-तकनीक के उपयोग आदि क्षेत्रों में उन्होंने महत्वपूर्ण परिणाम प्राप्त किये हैं।

वि. ग्लुश्कोव उक्रइन कम्युनिस्ट पार्टी की केन्द्रीय समिति और उक्रइनी सर्वोच्च सोवियत के सदस्य थे तथा फिर सोवियत संघ की सर्वोच्च सोवियत के सदस्य निर्वाचित हुए।

वह दो बार लेनिन पदक से और लेनिन तथा राजकीय पुरस्कारों से सम्मानित हैं।

मीर प्रकाशन